

**DIE BEEINFLUSSUNG DES
FREQUENZSELEKTIONSVERMÖGENS
DURCH ZUSATZRAUSCHEN**

MATHIAS PRESCHER

*Das
binden*



Dissertations- und Fotodruck ANNELIESE SCHUBERT
Corneliusstraße 21 · 8000 München 5 · Telefon 2014774

Aus der Hals-Nasen-Ohren-Klinik
der Universität München
Direktor: Prof. Dr. H. H. Naumann

DIE BEEINFLUSSUNG DES
FREQUENZSELEKTIONSVERMÖGENS
DURCH ZUSATZRAUSCHEN

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Mathias Prescher
aus Tutzing

1983

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Schorn
Mitberichterstatter:	Prof. Naumann
Dekan:	Prof. Spann
Tag der mündlichen Prüfung:	28.2.1984

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Seite
A) EINLEITUNG	1
1. Kurzer Abriß über die Untersuchungsmethoden für das Innenohr	1
2. Intention der Arbeit	7
B) THEORETISCHER TEIL	9
I. Aufbau und Physiologie des Innenohres	9
1.) Anatomische Grundlagen	9
2.) Physiologie des Gehörs	11
II. Kurzer Abriß über die Meßbarkeit des Frequenzselektionsvermögens mit psychoakustischen Tuningkurven	13
C) METHODIK	17
1. Aufbau des Gerätes	17
2. Beschreibung des Meßvorganges	19
D) ERGEBNISSE	22
I. Einteilung der Patientengruppen	22
II. Beschreibung der Einzelergebnisse	24
1.) Normales Gehör	24
2.) Hörsturz	29
3.) Morbus Menière	36
4.) Lärmschwerhörigkeit	42
5.) Toxische Innenohrschwerhörigkeit	48
6.) Progrediente degenerative Innenohrschwerhörigkeit	53
7.) Presbyakusis	59
8.) Akustikus-Neurinom	64
E) DISKUSSION	67
F) ZUSAMMENFASSUNG	76
G) LITERATURVERZEICHNIS	79



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554007_0065

A) EINLEITUNG

1. Kurzer Abriß über die Untersuchungsmethoden für das Innenohr:

In der Audiologie gibt es kaum Schwierigkeiten, eine Schalleitungsschwerhörigkeit von einer Schallempfindungsschwerhörigkeit unterscheiden zu können. Nicht immer einfach ist es, eine nachgewiesene Innenohrschwerhörigkeit zu differenzieren. Das heißt, handelt es sich um eine Corti-Störung, eine neurale oder eine zentrale Störung.

Zur Abgrenzung werden viele überschwellige Testverfahren in der Literatur erwähnt, sie beruhen fast alle auf zwei Phänomenen des Ohres: Recruitment und Schwellenschwund.

Bei Schädigung des Innenohres, also des Corti-Organ, wird von den Patienten oberhalb der stark verschobenen Hörschwelle bei einer nur geringen Zunahme der zugeführten Lautstärke des Testtones ein abnorm steiler Anstieg des Lautheitsempfindens angegeben.

Die klassische Methode zur Feststellung dieses Recruitment genannten Phänomens ist der sogenannte Fowlertest. Dieser beruht auf subjektivem Laut-

heitsvergleich zwischen beiden Ohren und setzt somit voraus, daß das andere Ohr normal hört, und ist deshalb nur bei einseitiger Schwerhörigkeit durchführbar. Im Testablauf wird dabei beiden Ohren alternierend ein Ton gleicher Frequenz und Lautstärke angeboten. Dieser erzeugt zu Beginn bei geringer Lautstärke einen ungleichen Lautheitseindruck, mit zunehmender Lautstärke wird der Ton allmählich auf beiden Ohren als gleich laut empfunden.

Die Ursache für dieses Recruitment ist noch nicht abschließend geklärt. Die verbreitetste Hypothese geht davon aus, daß, anders als bei intakten Haarzellen und Neuronen hoher Frequenzselektivität, geschädigte Sinneszellen und afferente Neurone geringer Frequenzselektivität zur Erregung sehr hohe Schalldrucke benötigen. Nimmt nach Überschreitung der pathologisch erhöhten Reizschwelle die Reizintensität weiter zu, so wächst infolge der Ausbreitung der Erregung auf benachbarte Neurone mit ähnlicher Bestfrequenz die Zahl der erregten Sinneszellen und ihrer zugehörigen Neurone (Summationsprinzip) (1). Dieses Recruitment tritt nur bei Innenohrschwerhörigkeit auf, bei retrocochleären Hörstörungen fehlt dieser Lautheitsausgleich.

Als weiterer häufig durchgeführter Test zur topischen Differenzierung von Hörstörungen sei der SISI-Test (Short Increment Sensitivity Index) genannt. Von Vorteil ist dabei, daß dieser Test auch bei doppelseitiger Schwerhörigkeit durchgeführt werden kann, da kein Vergleichs-ohr benötigt wird. Im Testverlauf wird 20 dB über der Hörschwelle ein Dauerton zwanzigmal alle 5 Sekunden für die Dauer von 0,2 sec um 1 dB verstärkt. Beruht die Schwerhörigkeit auf einer cochleären Schädigung mit vorhandenem Recruitment, so werden diese Impulse in den meisten Fällen zu mehr als 80 % erkannt und als SISI positiv bezeichnet. Bei retrocochleären Hörstörungen findet sich eine Quote der richtig erkannten Impulse von weniger als 20 %, bezeichnet als SISI negativ.

Durch den raschen Anstieg des Lautheitsempfindens im Vergleich zu dem Anstieg der Lautstärke werden bei positivem Recruitment auch schon kleine Lautstärkeänderungen wahrgenommen, die normalerweise vom Hörgesunden nicht gehört werden.

Im sogenannten Lüscher-Test wird dem Patienten-ohr ein amplitudenmodulierter Testton einge-

spielt. Der Testton wird mit 10 dB bzw. 40 dB über Hörschwelle dargeboten und 2-4 mal pro Sekunde in seiner Amplitude verändert. Vom Hörgesunden wird ein Lautstärkenunterschied bei 10 dB über Hörschwelle meist erst bei Lautstärken-Unterschieden von mehr als 2 dB erkannt. Die Unterschiedsschwelle für solche Lautstärkenänderungen liegt bei Recruitment-positiven Patienten deutlich niedriger. Es werden meist bereits Lautstärkenunterschiede von unter 1 dB erkannt, dagegen sind die Unterschiedsschwellen bei retrocochleären Schäden häufig noch größer als bei Normalhörenden.

Durch Untersuchungen von Langenbeck (12) hat sich gezeigt, daß die Verdeckung von Tönen durch Rauschen sich bei cochleären Schädigungen anders verhält als bei retrocochleären Schädigungen. Dieses Phänomen wird bei der Geräusch-audiometrie nach Langenbeck zur Differenzierung genutzt. Beim Hörgesunden wird die Hörschwelle für Töne bei gleichzeitiger Einspielung von Rauschen verschiedener Lautstärke etwa um den Betrag des jeweiligen Rauschpegels nach oben verschoben. Bei cochleären Hörstörungen zeigt sich, daß die verschobene Hörschwellenkurve dann in die ohne zusätzliches Rauschen gemessene Hörschwellenkurve übergeht, wenn diese unter

die dB-Zahl des Geräusches sinkt. Von diesem Punkt an verläuft die Hörschwellenkurve trotz gleichzeitiger Verdeckung wieder ebenso wie die ohne Geräusch gemessene Hörschwellenkurve. Dagegen verlaufen bei retrocochleären Hörstörungen die mit und ohne Geräusch erstellten Hörschwellenkurven immer in einem Abstand und gehen nicht ineinander über. Somit kann auch durch diesen Test zwischen cochleären und retrocochleären Schädigungen unterschieden werden.

Adaptation und Ermüdung sind zwar auch beim gesunden Ohr festzustellen, ein geschädigtes Ohr zeigt jedoch einen auffällig starken Schwellenschwund. Dieses Phänomen wird bei den verschiedenen Ermüdungstests zur Differentialdiagnostik genutzt.

Beim Carhart-Test, auch als Threshold Tone Decay Test bezeichnet, wird den Patienten ein dicht oberhalb der Hörschwelle liegender Testdauerton zugespielt. Dieser Testton soll eine Minute lang wahrnehmbar bleiben, dazu ist bei Hörermüdung eine Testtonverstärkung erforderlich. Muß der Testton in dieser Zeit um mehr als 20 dB angehoben werden, um für den Patienten

hörbar zu bleiben, ist von einer pathologischen Ermüdbarkeit auszugehen. Auch dieser Test ermöglicht eine Unterscheidung cochleärer von retro-cochleären Schädigungen.

Grundsätzlich von den bisher beschriebenen Untersuchungsmethoden unterscheidet sich die abschließend beschriebene Békésy-Audiometrie durch die alleinige Bestimmung über Testverlauf und Testergebnis durch den Patienten selbst. Eine Gefahr der Einflußnahme durch den Prüfer besteht hier nicht.

Ton oder Geräusch wird automatisch kontinuierlich verstärkt. Wird die Hörschwelle überschritten und damit der Testton für den Patienten hörbar, drückt er einen Knopf, worauf der Ton wiederum automatisch in gleicher Geschwindigkeit kontinuierlich abgeschwächt wird. Unterschreitet der Ton die Hörschwelle, wird also für den Patienten wieder unhörbar, läßt er den Knopf los, woraufhin wieder eine allmähliche Testtonverstärkung erfolgt.

Bei gleichzeitiger graphischer Aufzeichnung auf einem fortlaufenden Streifen ergibt sich so eine Zickzackkurve um die jeweilige Hörschwelle.

Der Ton durchläuft langsam die gesamte relevante

Frequenzskala und läßt eine Hörschwellenkurve entstehen. Die Größe der Zacken läßt einen indirekten Schluß auf das Vorhandensein eines Recruitments zu, darüber hinaus ist auch eine pathologische Ermüdbarkeit mit Hilfe dieses Tests diagnostizierbar.

2. Intention der Arbeit

Gesucht wurde nach weiteren Möglichkeiten der diagnostischen Differenzierbarkeit ätiologisch unterschiedlicher Schallempfindungsstörungen. Dies wurde an unserer Klinik mit der Bestimmung des Frequenzselektionsvermögens des Innenohres mit Hilfe psychoakustischer Tuningkurven versucht (16). Bei Patienten mit degenerativer Innenohrschwerhörigkeit, Lärmschwerhörigkeit und Morbus Menière zeigten sich dabei deutlich unterschiedliche Kurvenverläufe.

In der vorliegenden Arbeit soll geprüft werden, ob bei Patienten mit ätiologisch verschiedenartigen Innenohrhörstörungen jeweils ganz spezifische Kurvenbilder resultieren.

Darüber hinaus wird eine geeignete standardisierbare Meßmethode angestrebt für die unver-

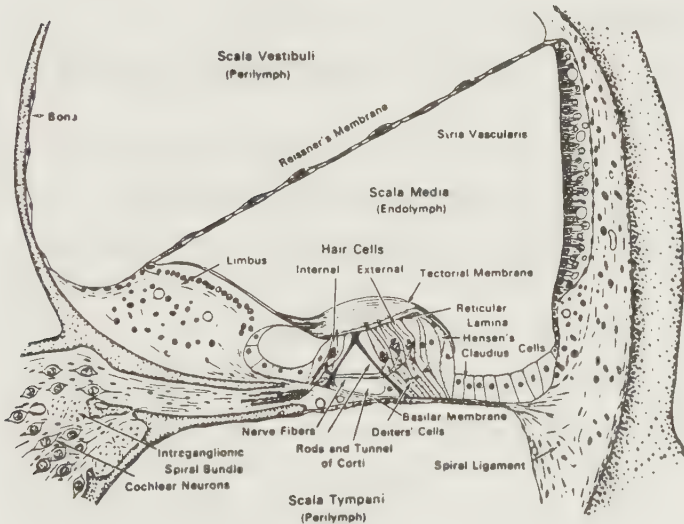
hältnismäßig verstärkte Verdeckbarkeit von Sprache und Informationsschall durch Störschalle bei Innenohrstörungen (Presbyakusis), das sogenannte Cocktailparty-Phänomen. Dazu wird überprüft werden, ob diese verstärkte Verdeckbarkeit ein Korrelat in einem verschlechterten Frequenzauflösungsvermögen besitzt.

B) THEORETISCHER TEIL

I. Aufbau und Physiologie des Innenohres

1.) Anatomische Grundlagen

Das im Felsenbein eingelagerte Innenohr besteht aus zwei funktionell verschiedenen Teilen: dem Vorhofs-Bogengang-System (Gleichgewichtsorgan) und dem Hörorgan in der Schnecke.



Querschnitt des Innenohres (7)

Die Cochlea stellt einen schneckenartig gewundenen Gang von ca. 35 mm Länge mit zweieinhalb Windungen dar.

dungen dar, sein Innenraum ist in drei flüssigkeitsgefüllte Kanäle aufgeteilt.

Der Scala vestibuli genannte Kanal beginnt im Vestibulum, in dessen seitlicher Wandung sich die Fußplatte des Steigbügels am ovalen Fenster befindet, folgt der Schneckenwindung und hat über das Helicotrema an der Schnecken spitze Verbindung zur Scala tympani. Diese erstreckt sich vom Helicotrema zum runden Fenster (Cavum tympani) des Innenohres.

Getrennt werden diese beiden Scalen von der Scala media, zur Scala vestibuli hin durch die Reissner-Membran, zur Scala tympani durch die Basilarmembran.

Die Scala media ist mit kaliumreicher Endolymphe gefüllt, Scala tympani und Scala vestibuli mit natriumreicher Perilymphe. Diese unterschiedliche Ionenkonzentration ist Ursache einer Potentialdifferenz von 80 mV.

Die sehr dünne Reissner-Membran hat keine hydro-mechanische Bedeutung, sie ist jedoch für die Trennung der Endo- von der Perilymphe verantwortlich (18). Die Basilarmembran zeigt von der Basis zur Apex abgerollt eine 32 mm lange Bahn mit einer von 0,1 mm auf 0,5 mm zunehmenden Breite bei dabei leicht abnehmender Dicke (7).

Auf der Basilarmembran, der Scala media zuge-

wandt, liegt das Corti' Organ.

In ihm befinden sich, umgeben von Stützzellen, die Sinneszellen, angeordnet in einer Reihe innerer und drei Reihen äußerer Haarzellen.

Die inneren und äußeren Haarzellen zeigen einen unterschiedlichen morphologischen Aufbau; verschieden ist auch die Nervenfaserversorgung.

Es wird daher vielfach angenommen, daß diese beiden Haarzelltypen verschiedene Funktionen besitzen (18).

2.) Physiologie des Gehörs

Aufgabe des Innenohres (im speziellen des Corti-Organs) ist es, den mechanischen Schallreiz in neuronale Erregung umzuwandeln (Transformationsfunktion).

Da die Innenohrflüssigkeiten als inkompressibel anzusehen sind und die Cochlea von einem knöchernen Labyrinth (Labyrinthkapsel) umgeben ist, führt eine Volumenverschiebung an der Steigbügel Fußplatte zu einer gleichgroßen Volumenverschiebung am runden Fenster (Stapes - Scala vestibuli - Helicotrema - Scala tympani).

Diese Volumenverschiebungen verursachen Auslenkungen der Scalentrennwand.

Experimentelle Untersuchungen durch von Békésy (2) (1928) führten zu der Erkenntnis, daß es sich dabei nicht um stehende Wellen, sondern um Wanderwellen handelt (7,18). Diese Wanderwellen der Querauslenkung der Basilarmembran beginnen beim ovalen Fenster mit sehr kleiner Amplitude, wachsen in Richtung Helicotrema an und erreichen an einer bestimmten Stelle ein Maximum. Nach Erreichung des Maximums nehmen sie gegen das Helicotrema hin sehr rasch ab (18).

Änderung der Frequenz führt zu einer Verschiebung des Amplitudenmaximums: Mit steigender Frequenz bewegt sich das Auslenkungsmaximum in Richtung Stapesfußplatte, mit geringer werdender Frequenz in Richtung Helicotrema.

Jede Frequenz hat somit ihren ganz speziellen Abbildungsbereich auf der Basilarmembran durch ihr Amplitudenmaximum. Hier befindet sich die Frequenz-Orts-Transformation (18).

Die Umwandlung der mechanischen Energie der Schallwellen in bioelektrische Energie findet in den Sinneszellen statt.

Durch Auf- und Abbewegungen der Basilarmembran treten bei den Haaren der Sinneszellen ausgeprägte Scherbewegungen auf. Diese sind adäqua-

ter Reiz zu Rezeptorpotentialen der Haarzellen (10).

II. Kurzer Abriß über die Meßbarkeit des Frequenzselektionsvermögens mit psychoakustischen Tuningkurven

Die im folgenden Kapitel beschriebene Testmethode hat als Ziel die Erfassung des Frequenzselektionsvermögens des Innenohres.

Darunter ist die Fähigkeit des Gehörs zu verstehen, aus einem komplexen Schallsignal die individuellen Frequenzkomponenten getrennt wahrnehmen zu können (4).

Das Frequenzselektionsvermögen ist notwendige Voraussetzung für die Diskriminierung von Sprache und Musik (16).

Zur Diskriminierung ist Sensitivität, Frequenzselektivität und Informationsverarbeitung notwendig. Die Sensitivität ist mit der Tonaudiometrie erfaßbar.

Frequenzselektivität und Informationsverarbeitung sind durch Spracherkennungstests beurteilbar.

Das Frequenzselektionsvermögen allein ist mit diesen Tests nicht getrennt von der Informationsverarbeitung meßbar.

Die Unterscheidung Frequenzselektionsverlust oder Verlust an Informationsverarbeitung ist jedoch aus diagnostischen Gründen wünschenswert (16).

Eine häufig angewendete Methode, dieses Frequenzselektionsvermögen zu untersuchen, ist die Verdeckung von Sinustönen durch schmalbandige Schalle, wie z.B. durch Sinustöne oder durch Schmalbandgeräusche, und die Messung der Grenze des Mithörens (19).

Mit dieser Methode erstellte Kurven werden als Mithörschwelle bezeichnet (18).

In der Neurophysiologie wird bei Versuchstieren das Frequenzselektionsvermögen durch Tuningkurven bestimmt (11). Dabei wird die gerade registrierbare Aktivitätserhöhung einer Nervenendfaser des N. acusticus über seine Spontanaktivität hinaus gemessen.

Die neurophysiologische Tuningkurve entsteht, wenn derjenige Pegel L_M des erregenden Sinustones aufgetragen wird, der in Abhängigkeit von seiner Frequenz f_M gerade notwendig ist, um die erwähnte Aktivitätserhöhung hervorzurufen (11).

Um solche Untersuchungen auch beim Menschen durchführen zu können, wurde diese Meßmethode

in eine psychoakustische abgewandelt (20).

Im Gegensatz zu den direkt von den Hörnervenfasern abgeleiteten neurophysiologischen Tuningkurven wird bei den psychoakustischen Tuningkurven die Hörbarkeit für einen leisen Testton, der 10 dB über der Hörschwelle dargeboten wird und dessen Pegel und Frequenz gleichbleibend sind, als Kriterium benützt. Dieser Testton wird ab einer bestimmten Lautstärke eines Störtones (Maskierton) verdeckt. In der psychoakustischen Tuningkurve wird derjenige Pegel I_M des maskierenden Tones aufgetragen, der als Funktion seiner Frequenz f_M notwendig ist, damit der Testton gerade verdeckt wird (16, 20). Schon 1894 wurde von Mayer (14) berichtet, daß tieferfrequente Töne höhere Frequenzen eher verdecken als höherfrequente Töne tiefere Frequenzen. Maskierung ist also kein symmetrisches Phänomen.

Vergleiche zwischen neurophysiologisch gewonnenen Tuningkurven und psychoakustisch gewonnenen Tuningkurven zeigen identische Ergebnisse (16).

Frühere Untersuchungen an unserer Klinik von Schorn et al (16), durchgeführt bei den Frequenzen 500 und 4.000 Hz an 6 verschiedenen Gruppen (normales Gehör, Leitungsschwerhörigkeit, Otsklerose, Lärmschwerhörigkeit, degenerative In-

nenohrschwerhörigkeit und Morbus Menière), haben im einzelnen gezeigt, daß die Tuningkurven der Leitungsschwerhörigen ein unverändert gutes Frequenzselektionsvermögen aufweisen, allerdings insgesamt zu höheren Pegeln verschoben sind. Bei den Lärmgeschädigten fand sich im nicht betroffenen Frequenzgebiet eine unverändert normale Hörfähigkeit, im betroffenen Frequenzbereich dagegen wurde die Frequenzselektivität mit wachsender Lärmschwerhörigkeit immer schlechter.

Bei degenerativer Innenohrschwerhörigkeit war das Selektionsvermögen in beiden Frequenzbereichen deutlich vermindert.

Morbus-Menièr-Patienten zeigten im 500 Hz-Bereich völlig flache Tuningkurven, im 4.000 Hz-Bereich bei nur unwesentlich besserer Hörschwelle im Vergleich zum 500 Hz-Bereich jedoch ein wesentlich besseres Frequenzauflösungsvermögen. Gegenüber den Normalhörenden resultiert jedoch auch hier eine - wenn auch geringe - Abflachung.

Da die Frequenzselektion im Innenohr stattfindet (20), soll mit Hilfe dieser psychoakustischen Tuningkurven nun auch überprüft werden, ob spezielle Innenohrstörungen jeweils spezifische Änderungen des Frequenzselektionsvermögens zur Folge haben.

C) METHODIK

1. Aufbau des Gerätes

Für audiologische Bedürfnisse gilt es bei der Erstellung von psychoakustischen Tuningkurven als ausreichend, Meßergebnisse bei zwei verschiedenen Frequenzlagen zu gewinnen (16).

Da die Testdurchführung mit zwei Testtonfrequenzen je nach Patientensituation etwa 30-50 Minuten in Anspruch nimmt, wäre eine Erhöhung der Anzahl der Testtonfrequenzen aus praktischen Erwägungen ungünstig, weil die erforderliche Konzentrationsfähigkeit sich für den Patienten über diese Zeit hinaus kaum aufrecht erhalten läßt.

Außerdem sind die Frequenzbereiche der ausgeprägtesten Hörminderung regelmäßig in den Testtonbereichen ausreichend repräsentiert.

Im vorliegenden Fall wurden Frequenzlagen um 500 Hz bzw. um 4.000 Hz gewählt.

In Abb. 1 ist das Blockschema des benützten Gerätes dargestellt.

Es zeigt links die für die Frequenzlage $f_{T1} = 500 \text{ Hz}$ und die Frequenzlage $f_{T2} = 4.000 \text{ Hz}$ benützten Testtongeneratoren.

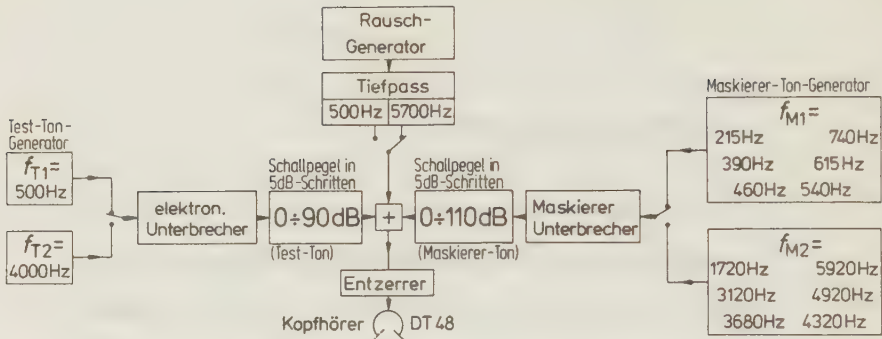


Abb. 1 Blockschaltbild des Gerätes zur Messung psychoakustischer Tuningkurven

Der Schallpegel des jeweils gewählten Testtones kann in 5 dB-Schritten zwischen 0 dB und 90 dB vom Versuchsleiter verändert werden. Zur leichteren Erkennbarkeit wird der Testton durch einen elektronischen Unterbrecher ohne Schaltknacke je 500 ms aus- und eingeschaltet. Über ein Additionsnetzwerk, dem auch der Maskierton und das Tiefpaßrauschen zugeführt werden, werden die Töne (bzw. das Rauschen) über einen Entzerrer (19) ipsilateral einem Kopfhörer DT 48 zugeleitet.

Zuschaltbar ist ein permanentes Tiefpaßrauschen, das in der Stellung 500 Hz des Testtongenerators eine Grenzfrequenz von 700 Hz besitzt. Der Schallpegel beträgt dabei 70 dB.

In der Stellung 4.000 Hz des Testtongenerators ist ebenfalls ein permanentes Tieftpaßrauschen zuschaltbar, hier mit der Grenzfrequenz 5.700 Hz und einem Pegel von 80 dB.

Sowohl für den Frequenzbereich um 500 Hz als auch für den Frequenzbereich um 4.000 Hz werden je drei Maskiertöne unterhalb und oberhalb des Testtones benutzt.

Die Pegel der Maskiertöne (= Dauertöne) können wie die Testtöne ebenfalls in 5 dB-Schritten zwischen 0 dB und 110 dB verändert werden.

Die Frequenzen der Maskiertöne sind so gewählt, daß sich mit sechs Frequenzstellen brauchbare psychoakustische Tuningkurven ergeben (16).

Für den Testton von 500 Hz sind die Maskiertonenfrequenzen 215, 380, 460, 540, 615 und 740 Hz; für den 4.000 Hz-Testton 1720, 3120, 3680, 4320, 4920 und 5920 Hz.

2. Beschreibung des Meßvorganges

Der Meßvorgang läuft so ab, daß zunächst bei völlig abgeschaltetem Maskierton und Tieftpaßrauschen die Hörschwelle für den gepulsten Testton bei 500 Hz bzw. 4.000 Hz gemessen wird. Ist

diese bestimmt, so wird der Testtonpegel um 10 dB über diesen Hörschwellenpegel angehoben. Der Testton ist damit deutlich für den Probanden hörbar. An dem derartig eingeregelter Testton wird während der Messung der Tuningkurve (ohne Rauschen) nichts mehr verändert.

Für die folgenden sechs Messungen muß nun der Proband Aussagen darüber machen, ob er den Testton hört oder nicht mehr hört; diese Unterscheidung wird dadurch vereinfacht, daß der Testton periodisch ein- und ausgeschaltet wird und dadurch klarer hervortritt, außerdem werden die Testtonfrequenz und der Pegel nicht verändert.

Der Versuchsleiter ändert, beginnend mit der 500 Hz-Testtonfrequenz, für jeweils eine Maskier- tonfrequenz nach der anderen den Schallpegel L_M des Maskiertons so, daß die Hörbarkeit des Testtons gerade verschwindet bzw. gerade wieder wahrgenommen wird. Derjenige Schallpegel L_M des Maskiertons, der notwendig ist, um diese Verdeckung hervorzurufen, wird im Diagramm eingezeichnet und zwar bei derjenigen Frequenz, die gerade genützt wird.

Die benützte Abszissenskala des Diagramms trägt die Frequenzen der maskierenden Töne und wurde für die Darstellung so entzerrt, daß gleiche Abszissenabstände auch gleichen örtlichen Abständen auf der Basilarmembran entsprechen, d.h., die beiden dargestellten Tuningkurven sind auf die Skala des Innenohres transformiert und können demnach unmittelbar miteinander verglichen werden.

Wurde nun bei allen sechs Maskiertonfrequenzen gemessen, wird nun das Tieffpaßrauschen mit einer konstanten Lautstärke angeschaltet. Der Testtonpegel muß jetzt vom Versuchsleiter kontinuierlich solange angehoben werden, bis die Hörschwelle für den Testton erreicht ist. Dieser Pegel wird zur deutlicheren Wahrnehmung noch um 5 dB erhöht und dem Patienten in gleichbleibender Lautstärke während der nächsten Meßvorgänge angeboten. Daraufhin erfolgt nochmals der gleiche Meßvorgang in den sechs Maskiertonfrequenzen wie oben beschrieben.

Ist in diesem Frequenzbereich die psychoakustische Tuningkurve mit und ohne Tieffpaßrauschen erstellt, wird der Test in gleicher Weise mit dem Testton von 4.000 Hz durchgeführt.

D) ERGEBNISSE

I. Einteilung der Patientengruppen

Mit dem oben beschriebenen Gerät wurden 220 psychoakustische Tuningkurven bei beiden Frequenzlagen mit und ohne zusätzlichem Tiefpaßrauschen gemessen.

Neben einer Probandengruppe mit normalem Gehör (103 = n) wurden die Tuningkurven für sieben Gruppen von Patienten mit Innenohrschwerhörigkeit unterschiedlicher Genese erstellt:

Hörsturz	(n = 23)
Morbus Menière	(12)
Lärmschwerhörigkeit	(18)
Toxische Innenohrschwerhörigkeit	(15)
Progrediente degenerative Innenohrschwerhörigkeit	(17)
Presbyakusis	(29)
Akustikus-Neurinom	(3)

Die Patientengruppen wurden - abgesehen von Neurinom-Patienten - jeweils in zwei Untergruppen aufgeteilt:

Ein Diagramm zeigt Tuningkurven (mit und ohne Tiefpaßrauschen) von Patienten, deren Hörschwelle für den Testton in keinem der beiden Frequenzbereiche schlechter als 55 dB liegt, ein weiteres Diagramm entsprechende Tuningkurven von dem Teil der Patienten, deren Hörschwelle in einem oder beiden der zwei Frequenzbereiche schlechter als 55 dB liegt.

Verwendet wurden die Zentralwerte, die wahrscheinliche Abweichung wurde jeweils zusätzlich eingetragen.

Um die Veränderung (Abflachung) der Tuningkurven gegenüber den entsprechenden Kurven der Normalhörenden deutlich zu machen, sind die psychoakustischen Tuningkurven der Gruppe mit normalem Gehör so nach höheren Pegeln parallel verschoben worden, daß die Zentralwerte der benutzten Testtonpegel zusammenfallen. Diese Normalkurven wurden dann in dieser Position strichliert eingezeichnet.

Ein drittes Diagramm zeigt jeweils den direkten Vergleich der Tuningkurven bei jeder Gruppe zwischen den Patienten mit besserer Hörschwelle als 60 dB (SPL) (durchgezogene Linien) und denen mit einer schlechteren (gepunktete Linien), wiederum im Frequenzbereich von 500 Hz und 4.000 Hz.

II. Beschreibung der Einzelergebnisse

1.) Normales Gehör

Die psychoakustischen Tuningkurven der Probanden-
gruppe mit normalem Gehör sind in Abb. 2 zu sehen.

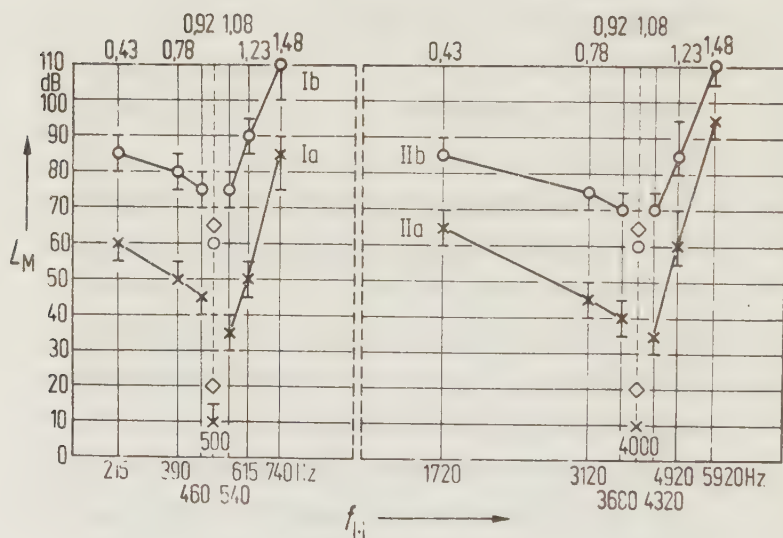


Abb. 2

Psychoakustische Tuningkurven in Frequenzlage um 500 Hz (links) und um 4.000 Hz (rechts) für die Gruppe mit normalem Gehör: Pegel L_M des maskierenden Tones (X bzw. O), der notwendig ist, um einen Testton bei 500 Hz bzw. 4.000 Hz mit einem Pegel von 5-10 dB über Hörschwelle zu verdecken in Abhängigkeit von seiner Frequenz f_M . Die mit X markierten Kurven sind ohne Rauschen (Ia bei 500 Hz, IIa bei 4.000 Hz), die mit O markierten Kurven mit zusätzlichem Tieffußrauschen erstellt (Ib bei 500 Hz, IIb bei 4.000 Hz). Dargestellt sind die Mittelwerte und die wahrscheinliche Schwankung. Die Hörschwellen für den Testton sind bei den Kurven ohne Rauschen mit einem Kreuz (X) bezeichnet, bei den Kurven mit Tieffußrauschen mit einem Kreis (O), die jeweils tatsächlich benutzten Testtonpegel mit $\diamond$.

Als Auswahlkriterium für die Einstufung in diese Gruppe galt, daß die Hörschwelle in einem zusätzlich angefertigten Tonaudiogramm in keinem Frequenzbereich schlechter als 20 dB (SPL) lag.

Infolge dieser sehr einheitlichen Hörschwellen ergaben sich für die Hörschwellen nur minimale wahrscheinliche Schwankungen. Der Zentralwert, sowohl bei 500 Hz als auch bei 4 kHz, lag bei 10 dB.

Im Diagramm eingezeichnet sind neben den Hörschwellen für den Testton (X) die für die Bestimmung der Tuningkurven tatsächlich benutzten Schallpegel (◇). Diese wurden zur besseren Erkennbarkeit bei der Messung ohne Rauschen um 10 dB und bei der Messung mit Rauschen um 5 dB angehoben.

Für die Bestimmung der Tuningkurven in der tiefen Frequenzlage wurde zunächst der tieffrequente Bereich - beginnend bei 215 Hz - getestet. Im Mittel war ein Pegel von 60 dB (SPL) für den 215 Hz-Ton erforderlich, um den gepulsten Testton von 20 dB (SPL) zu verdecken. Bei 390 Hz für den Maskierton ergab sich ein Wert von 50 dB. Für eine Frequenzlage von 460 Hz waren im Mittel 45 dB nötig. Für die Frequenzen oberhalb des Testtones waren Maskiertonpegel

von 35 dB (SPL) bei 540 Hz, 50 dB (SPL) bei 615 Hz und 85 dB (SPL) bei 740 Hz notwendig. Die psychoakustische Tüningkurve für den Frequenzbereich bei 500 Hz ist - wie erwartet (16) - nicht symmetrisch. Sie steigt im Frequenzbereich oberhalb des Testtones deutlich steiler an als im Frequenzbereich unterhalb des Testtones.

Dagegen ist unmittelbar oberhalb des Testtones ein Maskiertonpegel erforderlich, der etwas geringer ist als derjenige, der unmittelbar unterhalb der Testtonfrequenz für den Maskierer notwendig ist.

Für die Frequenzlage bei 4.000 Hz resultiert ein ähnliches Kurvenbild.

Der Vergleich zwischen den beiden Frequenzlagen, der durch die gewählte Abszissenskala (siehe Methodik) unmittelbar möglich ist, zeigt, daß die Selektivität des Gehörs bei hohen Frequenzen etwas größer ist als bei tiefen Frequenzen.

Jeweils im Anschluß an die Erstellung der Tüningkurven ohne Rauschen wurde der Meßvorgang

im gleichen Frequenzbereich mit Tiefpasßrauschen wiederholt. Das Rauschen wurde mit einer Lautstärke von 70 dB (SPL) (bei 500 Hz) bzw. 80 dB (bei 4.000 Hz) am Prüfohr zusätzlich eingespielt und die Tuningkurve in üblicher Weise erstellt.

Die Hörschwelle für den gepulsten Testton im Rauschen lag im Mittel in beiden Frequenzbereichen bei 60 dB. Der Testtonpegel wurde nach Festlegung der Mithörschwelle jeweils um 5 dB angehoben und lag im Mittel bei 65 dB.

Die für den jeweiligen Maskierton notwendigen Schallpegel, um den Testton zu verdecken, sind im Diagramm 2 eingetragen (Zentralwert und wahrscheinliche Abweichung).

Da die Schwelle für die Hörbarkeit des Testtones mit dem zusätzlichen Tiefpasßrauschen um ca. 50 dB höher liegt als die Ruhehörschwelle für den Testton ohne Rauschen, muß die Tuningkurve, wie es sich bei den Messungen auch bestätigt, in höhere Schallpegelbereiche verschoben sein.

Im Vergleich zu den Tuningkurven ohne Rauschen fällt in beiden Frequenzbereichen auf, daß unmittelbar oberhalb und unterhalb des Testtones die Pegelabstände zwischen Testton und Maskierton gleich sind, und darüber hinaus, daß dieser Pe-

gelunterschied im 500 Hz-Bereich nur 10 dB beträgt, bei der Kurve ohne Rauschen jedoch 15 dB (bei 540 Hz) und 25 dB (bei 460 Hz). Im 4.000 Hz-Bereich beträgt der Abstand zwischen der Tuningkurve in den Frequenzbereichen nahe dem Testton einerseits und dem Testton andererseits nur 5 dB, bei der Kurve ohne Rauschen jedoch 15 dB (bei 4.320 Hz) bzw. 20 dB (bei 3.680 Hz). Dies wird in Abb. 3 verdeutlicht.

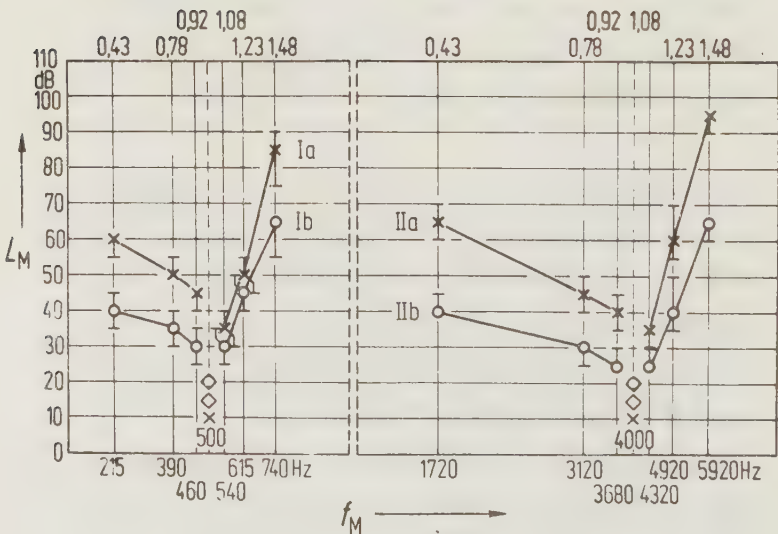


Abb. 3

Wie Abb. 1, jedoch wurden hier zur besseren Vergleichbarkeit die Kurven mit Tieffpaßrauschen so nach unten verschoben, daß die benutzten Testtonpegel aufeinanderfielen.

Hier wurde die Kurve mit Rauschen so nach unten verschoben, daß die benutzten Testtonpegel aufeinanderfielen.

Dabei fällt zusätzlich auf, daß die Kurve mit Rauschen (O) geringfügig flacher verläuft als die Kurve ohne Rauschen (X).

Das Frequenzselektionsvermögen des normalhörenden Ohres wird also durch das zusätzliche Störgeräusch nur geringfügig vermindert. Dies gilt für beide Frequenzbereiche in gleichem Maß.

2.) Hörsturz

- a) Tuningkurven von Patienten mit einem Tongehör besser als 60 dB (SPL) bei 500 Hz und 4.000 Hz:

Die Hörschwelle für den Testton im 500 Hz-Bereich liegt mit 20 dB (SPL) noch im Bereich der Normalhörenden. Dennoch konnten wir im aufsteigenden Schenkel eine abgeflachte Tuningkurve finden, allerdings ist die Frequenzselektivität nur geringfügig eingeschränkt (Abb. 4 Ia).

Die Tuningkurve mit zusätzlichem Rauschen in diesem Frequenzbereich - Hörschwelle für den Testton ist 60 dB (SPL) - weicht hingegen von

der Kurve der Normalhörenden bezüglich ihrer Form praktisch nicht ab (Abb. 4 Ib).

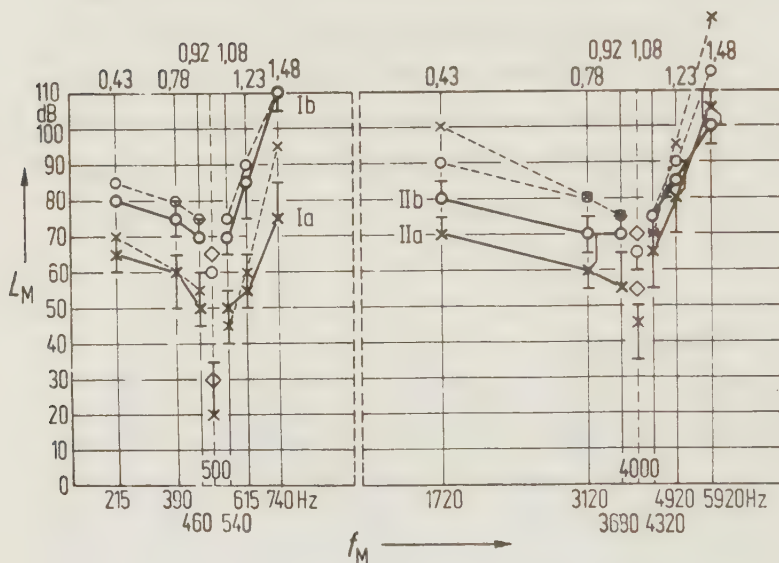


Abb. 4

Wie Abb. 1, jedoch für die Patientengruppe mit Hörsturz (Hörverlust kleiner als 60 dB SPL). Die Tuningkurven der Gruppe mit normalem Gehör sind gestrichelt eingetragen. Zur leichteren Vergleichbarkeit wurden diese Normalkurven jeweils so nach oben verschoben, daß die benutzten Testtonpegel aufeinanderfielen (X= Kurve ohne Rauschen, O = Kurve mit Rauschen).

Auch im Frequenzbereich von 4.000 Hz ist die Tuningkurve im Vergleich zur Normalhörendenkurve, und zwar in beiden Kurvenschenkeln, abgeflacht. Hier

allerdings liegt die Hörschwelle bei 35 dB (SPL) (Abb. 4 IIa).

Wie im tieffrequenten Bereich ist die 4.000 Hz-Tuningkurve mit Rauschen (Hörschwelle 65 dB) unverändert zu der entsprechenden Kurve mit Rauschen von Normalhörenden (Abb. 4 IIb).

Dies bedeutet, daß sich die Frequenzselektivität bei Patienten mit einem Hörsturz im 500 Hz-Bereich geringfügig, im 4.000 Hz-Bereich etwas deutlicher verschlechtert. Bei gleichzeitiger Verwendung eines Hintergrundrauschens hingegen ist die Frequenzselektivität fast unverändert, verglichen mit den Ergebnissen von Normalhörenden.

- b) Tuningkurven von Patienten mit einem Tongehör schlechter als 55 dB (SPL) in einem oder beiden Frequenzbereichen:

Im 500 Hz-Bereich liegt hier die mittlere Hörschwelle bei 50 dB (SPL), die erstellte Tuningkurve erscheint extrem abgeflacht (Abb. 5 Ia). Ausgehend von sehr unterschiedlichen Hörschwellen - die wahrscheinliche Schwankung reicht von 35 dB bis 65 dB - sind jedoch auch die Schwan-

kungen der einzelnen Maskiertonpegel sehr ausgeprägt. Die Pegel der dem Testton unmittel-
bar benachbarten Maskiertonfrequenzen haben
immerhin eine wahrscheinliche Schwankung von
30 dB.

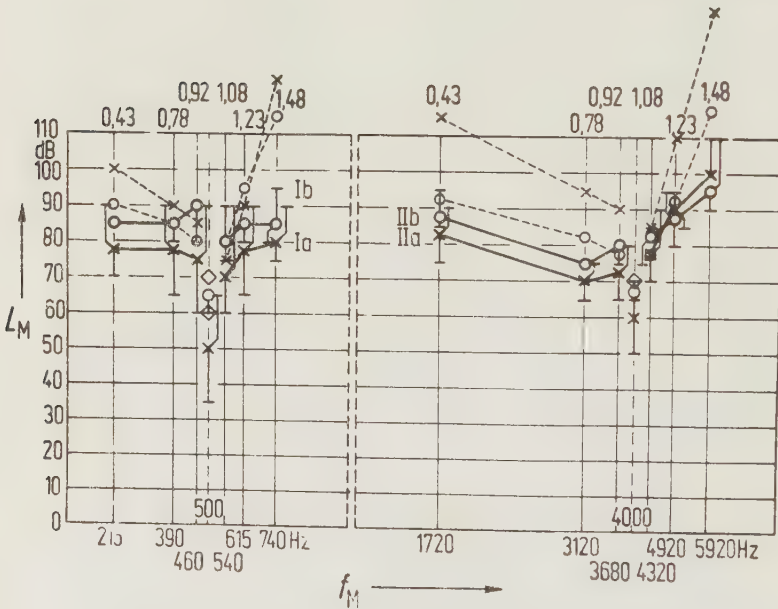


Abb. 5

Wie Abb. 1, jedoch für die Gruppe mit Hörsturz (Hörverlust größer als 55 dB (SPL)). Zum Vergleich wiederum gestrichelt die entsprechenden Kurven der Normalhörenden.

Auch die Tuningkurve mit Rauschen - Hörschwelle für den Testton bei 65 dB (SPL) - ist ebenfalls extrem abgeflacht, die Kurvenverläufe mit und

ohne Rauschen sind in diesem Frequenzbereich, abgesehen vom 460 Hz-Maskierton, praktisch identisch (Abb. 5 Ib).

Obwohl bei 4.000 Hz der Hörverlust noch größer ist - Hörschwelle für den Testton 60 dB (SPL) - als bei 500 Hz, weist die Kurve eine bessere Selektivität auf. Verglichen mit der Normalhörendenkurve sind jedoch sowohl der aufsteigende als auch der absteigende Schenkel deutlich abgeflacht (Abb. 5 IIa).

Die Kurve mit Rauschen - Hörschwelle für den Testton 67,5 dB (SPL) - zeigt, besonders im unteren Schenkel, ein ähnliches Bild wie die Kurve ohne Rauschen (Abb. 5 IIb). Im Vergleich zur Normalhörendenkurve mit Rauschen wird sie im oberen Schenkel deutlich flacher.

Zusätzlich fällt auf, daß die gemittelten Tuningkurven ohne und mit Rauschen auf wenige dB zusammenrücken.

Vergleicht man nun die Tuningkurven mit und ohne Rauschen der besserhörenden Hörsturzpatienten mit denen, die ein schlechteres Tongehör aufweisen, so stellt man fest, daß bei der besserhörenden Gruppe bei 500 Hz die Frequenzselektion bei Zusatzrauschen gegenüber den Nor-

malhörenden nicht verschlechtert wird, jedoch bei größerem Hörverlust gravierend abnimmt (Abb. 6 Ib₁-b₂).

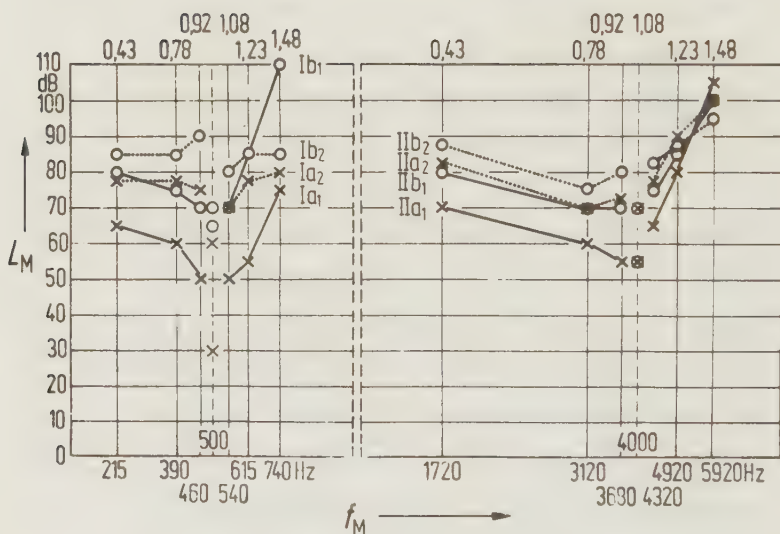


Abb. 6

Vergleich der psychoakustischen Tuningkurven von Hörsturzpatienten mit besserer Hörschwelle als 60 dB (SPL) (durchgezogene Linie) zu jenen mit schlechterer Hörschwelle als 55 dB (SPL) (gepunktete Kurven).

Ia₁+IIa₁ Kurven ohne Rauschen der besser hörenden Gruppe (I bei 500 Hz, II bei 4.000 Hz)

Ia₂+IIa₂ Kurven ohne Rauschen der schlechter hörenden Gruppe

Ib₁+IIb₁ Kurven mit Rauschen der besser hörenden Gruppe

Ib₂+IIb₂ Kurven mit Rauschen der schlechter hörenden Gruppe

Eingetragen sind hier nur die jeweils tatsächlich benutzten Testtonpegel.

Bei der Kurve ohne Rauschen zeigt sich in diesem Vergleich bei der schlechter hörenden Gruppe eine weniger stark zunehmende Abflachung, da hier ja bereits die Kurve der Besserhörenden deutlich abgeflacht ist (Abb. 6 Ia₁-a₂).

Bei 4.000 Hz sind die einzelnen Vergleichskurven nicht signifikant unterschiedlich, dies hängt bei den Kurven ohne Zusatzrauschen sicherlich damit zusammen, daß in diesem Frequenzbereich der mittlere Hörverlust bei der besser hörenden Gruppe immerhin bereits 45 dB beträgt und bei der schlechter hörenden Gruppe nur noch um 15 dB auf 60 dB anwächst (Abb. 6 IIa₁-a₂).

Bei der schlechter hörenden Gruppe ist die Testtonpegeldifferenz zwischen den Kurven ohne und mit Rauschen im Mittel auf 6,5 dB reduziert. Das Zusatzrauschen stellt also kein signifikantes Unterscheidungskriterium mehr dar, die erstellten Tuningkurven mit und ohne Rauschen sind sich sehr ähnlich (Abb. 5 IIa,b) und liegen in einem gleichen Pegelbereich.

3.) Morbus Menière

a) Tuningkurven von Patienten mit einem Tongehör
besser als 60 dB (SPL) bei 500 Hz und 4.000 Hz:

Die Hörschwelle für den Testton im 500 Hz-Bereich liegt im Mittel bei 50 dB (SPL). Bei der Tuningkurve erfolgt hier unterhalb des Testtons vom testtonnächsten bis zum testtonfernsten Maskierton für diesen überhaupt kein Pegelzuwachs, d.h. die Kurve ist völlig flach; oberhalb des Testtons beträgt der Anstieg nur 5 dB (Abb. 7 Ia).

Bei der Kurve mit Hintergrundrauschen - Hörschwelle für den Testton bei 65 dB (SPL) - weisen im unteren Schenkel die Zentralwerte jeweils denselben Pegelwert auf, d.h. die Tuningkurve ist hier ebenfalls völlig flach, im oberen Schenkel ergibt sich für die Zentralwerte ein Pegelzuwachs von 10 dB. Bei Berücksichtigung der wahrscheinlichen Schwankung ergibt sich in diesem Frequenzbereich für die Kurven ohne und mit Rauschen kein signifikanter Unterschied (Abb. 7 Ib).

Im 4.000 Hz-Bereich zeigt die Tuningkurve bei einer Hörschwelle für den Testton von 30 dB

eine im Vergleich zu der Normalhörendenkurve nur geringfügige Abflachung im Bereich des aufsteigenden Schenkels (Abb. 7 IIa).

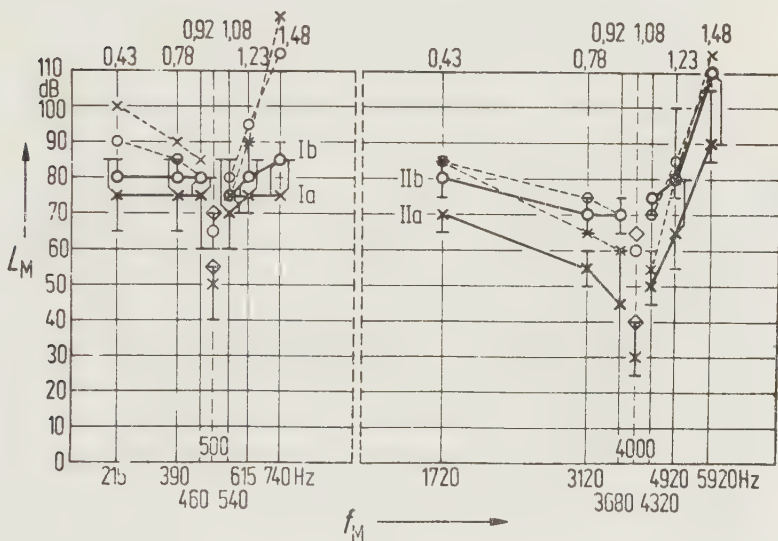


Abb. 7

Wie Abb. 3, jedoch für die Patientengruppe mit Morbus Menière (Hörverlust kleiner als 60 dB (SPL)).

Die Kurve mit zusätzlichem Rauschen - Hörschwelle bei 60 dB - weist gegenüber der entsprechenden Normalhörendenkurve keinen signifikanten Unterschied auf (Abb. 7 IIb).

Eine Verschlechterung des Frequenzselektionsver-

mögens durch Zusatzrauschen tritt hier bei diesen Patienten nicht auf.

b) Tuningkurven von Patienten mit einem Tongehör schlechter als 55 dB (SPL) in einem oder beiden Frequenzbereichen:

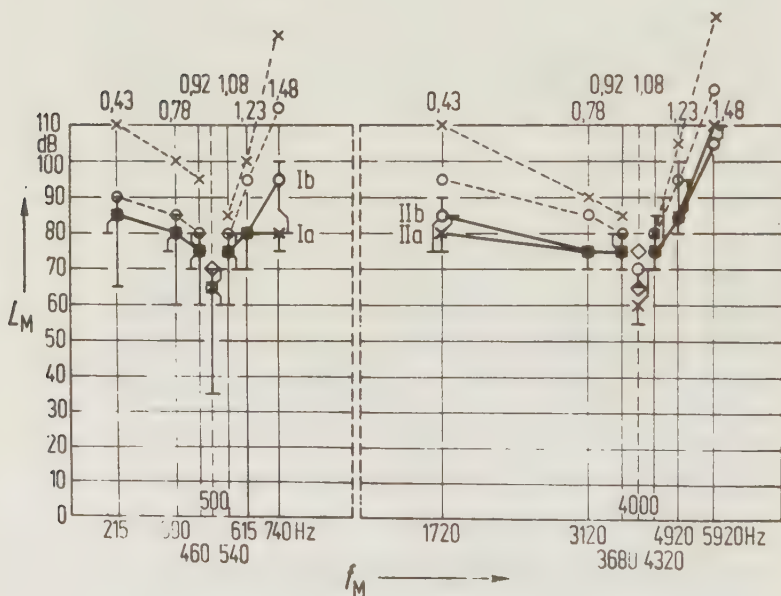


Abb. 8

Wie Abb. 4, jedoch für die Patientengruppe mit Morbus Menière (Hörverlust größer als 55 dB (SPL)).

Bei dieser Patientengruppe verschlechtert sich die Hörschwelle im 500 Hz-Bereich gegenüber der

besser hörenden Patientengruppe um 15 dB auf 65 dB. Im Vergleich zu dieser Gruppe zeigt der aufsteigende Kurvenschenkel einen identischen Verlauf, während der absteigende Schenkel auf den ersten Blick einen Anstiegsgewinn aufzuweisen scheint (Abb. 9 Ia₁-a₂). Betrachtet man jedoch den sehr großen Schwankungsbereich (von 35 dB bis 70 dB) für die Testtonhörschwelle (Abb. 8 Ia), so wird verständlich, daß sich hier für die relativ wenigen Patienten, die in diese Untergruppe einzuordnen waren, im Einzelfall ein ebenso flacher Kurvenverlauf ergibt.

Für die Tuningkurve mit Rauschen - Hörschwelle für den Testton auch bei dieser Gruppe wieder 65 dB - resultiert im Vergleich zur Kurve der Normalhörenden im oberen Schenkel eine Abflachung, im unteren Schenkel jedoch ein identischer Verlauf (Abb. 8 Ib). Zur besser hörenden Patientengruppe ergibt sich ein in beiden Schenkeln steileres Kurvenbild (Abb. 9 Ib₁-b₂).

Vergleicht man nun die Kurven dieser Patienten ohne und mit Rauschen, so fällt auf, daß sie bis auf die Maskierfrequenz von 740 Hz deckungsgleich verlaufen (Abb. 8 Ia,b). Der zum Mithören des gepulsten Testtons erforderliche Schallpegel ist für beide Kurven 65 dB, d.h.

das zusätzliche Hintergrundrauschen beeinträchtigt nicht die Testtonwahrnehmung und stellt somit kein Unterscheidungskriterium mehr dar. Dies erklärt auch die scheinbare Selektionsverbesserung bei der Kurve mit Rauschen bei der schlechter hörenden Gruppe.

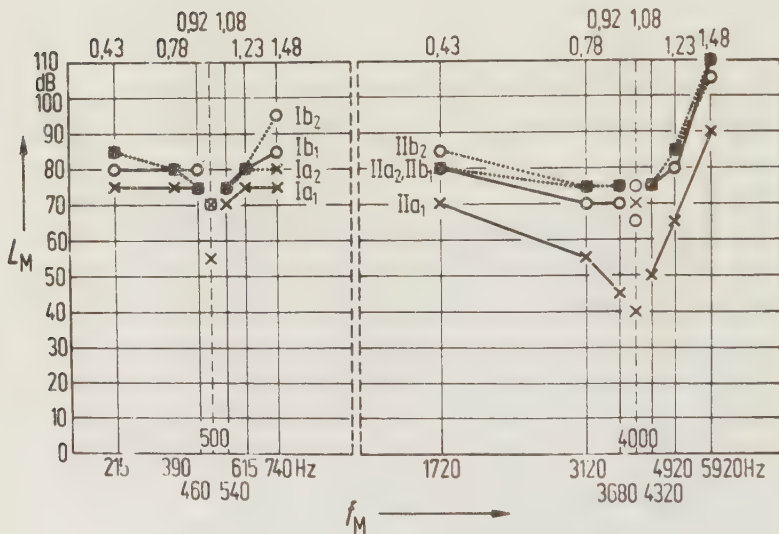


Abb. 9

Vergleich der psychoakustischen Tuningkurven von Morbus-Meniére-Patienten mit besserer Hörschwelle als 60 dB (SPL) (durchgezogene Linien) zu jenen mit schlechterer Hörschwelle als 55 dB (SPL) (gepunktete Kurven).

Weitere Erläuterungen siehe Abb. 5.

Bei erheblicher Verschlechterung des Tongehörs für den Testton bei 4.000 Hz auf 60 dB zeigt die

Kurve oberhalb und unterhalb des Testtons eine beträchtliche Abflachung (Abb. 8 IIa) sowohl gegenüber der Normalhörendenkurve als auch - in etwas geringerem Maß - gegenüber der besser hörenden Gruppe (Abb. 9 II a_1 - a_2). Bei dieser Gruppe ist die Hörschwelle in beiden Frequenzen fast identisch (Unterschied nur 5 dB). Die resultierende Kurve im 500 Hz-Bereich ist jedoch auffallend flacher als diejenige bei 4.000 Hz.

Durch das zusätzliche Rauschen verschiebt sich die Hörschwelle für den Testton nur um 10 dB auf 70 dB; die Testtonwahrnehmung wird dadurch also nur geringfügig beeinträchtigt. Die Tuningkurve mit Rauschen weist entsprechend auch in diesem 4.000 Hz-Bereich bis auf minimale, nicht signifikante Unterschiede bei 1.720 und 5.920 Hz einen identischen Verlauf zur entsprechenden Kurve ohne Rauschen auf (Abb. 8 IIb,a). Aus Abb. 9 geht darüber hinaus hervor, daß damit diese beiden Kurven (9 II b_2 , a_2) einen ganz ähnlichen Verlauf nehmen wie die Kurve mit Rauschen (Abb. 9 II b_1) der besser hörenden Morbus-Menièr-Patienten.

4.) Lärmschwerhörigkeit

- a) Tuningkurven von Patienten mit einem Ton-
gehör besser als 60 dB (SPL) bei 500 Hz
und 4.000 Hz:

Im 500 Hz-Bereich ergibt sich eine normale Hörschwelle von 10 dB (SPL) im Mittel, die Hörschwelle für den Testton im Rauschen ist 60 dB (SPL). Beide Kurven, mit und ohne Rauschen, zeigen gegenüber den entsprechenden Kurven der Normalhörenden keine signifikanten Abweichungen (Abb. 10 Ia,b).

In dem von der Lärmschwerhörigkeit betroffenen Frequenzbereich von 4.000 Hz weicht bei einer mittleren Hörschwelle für den Testton von 47,5 dB (SPL) die Kurve in beiden Schenkelbereichen in gleichem Maß erheblich von der Kurve der Normalhörenden ab (Abb. 10 IIa).

Die Kurve mit zusätzlichem Hintergrundrauschen - Hörschwelle 65 dB (SPL) - weist in etwa denselben Verlauf wie die Kurve ohne Rauschen auf, hat jedoch gegenüber der Kurve mit Rauschen der Normalhörenden nur bei 5.920 Hz eine signifikan-

te Abflachung (Abb. 10 IIb).

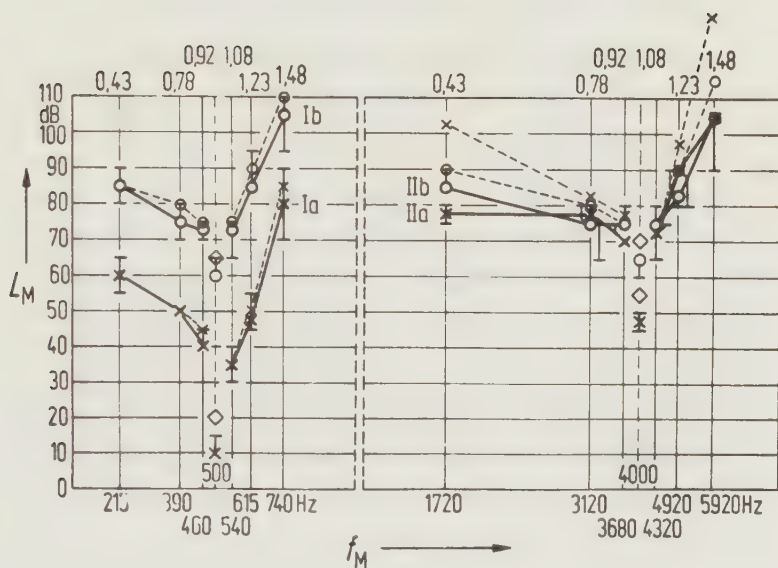


Abb. 10

Wie Abb. 3, jedoch für die Patientengruppe mit Lärmschwerhörigkeit (Hörverlust kleiner als 60 dB (SPL)).

Bei dieser Patientengruppe kann eine deutlich verschlechterte Selektionsfähigkeit nur aus der ohne Rauschen erstellten Kurve bei 4.000 Hz entnommen werden.

- b) Tuningkurven von Patienten mit einem Tongehör schlechter als 55 dB (SPL) in einem oder beiden Frequenzbereichen:

Die Hörschwelle im 500 Hz-Bereich liegt hier bei 17,5 dB (SPL) im Mittel, die erstellte Tuningkurve ist gegenüber der Normalkurve insgesamt geringfügig zu kleineren Pegeln verschoben, die Anstiegssteilheit ist aber nur bei der 740 Hz-Frequenz signifikant verringert (Abb. 11 Ia).

Bei der Kurve mit zusätzlichem Rauschen liegt die Hörschwelle für den Testton bei 60 dB(SPL). Im Gegensatz zur entsprechenden Kurve der Normalhörenden sind hier die erreichbaren Maskiertonpegel bei den dem Testton direkt ober- und unterhalb benachbarten Maskierfrequenzen nicht gleich hoch. Bei 540 Hz ist ein um 5 dB geringerer Pegel als bei 460 Hz festzustellen. Der obere Schenkelabschnitt ist insgesamt zu etwas niedrigeren Pegeln verschoben, weist jedoch in seiner Steilheit ebenso wie der untere Kurvenschenkel keine Abweichungen gegenüber der entsprechenden Normalkurve auf (Abb. 11 Ib).

Abb. 12 I zeigt den direkten Vergleich zwischen den beiden Gruppen und läßt erkennen, daß bei

Patienten mit Lärmschwerhörigkeit unabhängig von deren Ausprägung im 500 Hz-Bereich praktisch keine deutlichen Veränderungen des Frequenzselektionsvermögens zu bemerken sind. Dies gilt für die Kurven mit und ohne Rauschen gleichermaßen.

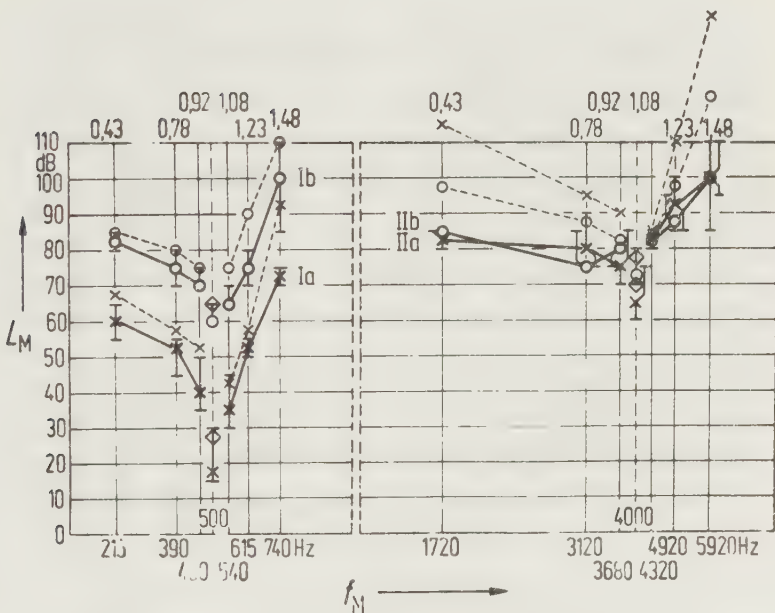


Abb. 11

Wie Abb. 4, jedoch für die Patientengruppe mit Lärmschwerhörigkeit (Hörverlust größer als 55 dB (SPL)).

Im 4.000 Hz-Bereich ist gegenüber der besser hörenden Gruppe die Hörschwelle um 17,5 dB auf 65 dB (SPL) im Mittel gestiegen, eine nochmalige

ge, wenn auch geringe Abflachung der Kurve findet sich nur im aufsteigenden Schenkel; unterhalb des Testtons ist die Kurve nahezu unverändert (Abb. 11 IIa und Abb. 12 IIa₁-a₂).

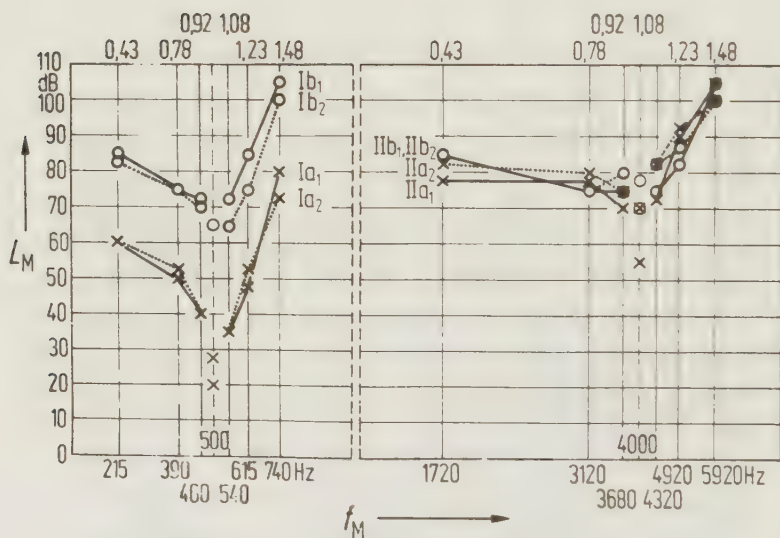


Abb. 12

Lärmschwerhörigkeit: Vergleich der Tuningkurven von Patienten mit besserer Hörschwelle (a₁, b₁) als 60 dB (SPL) zu jenen mit schlechterer Hörschwelle als 55 dB (SPL) (a₂, b₂). Weitere Erläuterungen siehe Abb. 5.

Die Hörschwelle für den Testton im Rauschen hat sich hier auf 72,5 dB (SPL) erhöht, die erstellte Tuningkurve zeigt gegenüber der Kurve ohne

Rauschen keine signifikanten Abweichungen (Abb. 11 IIb, a). Im Vergleich zur Kurve mit Rauschen der besser hörenden Gruppe ergibt sich eine geringfügige Kurvenabflachung nur im Kurvenabschnitt oberhalb des Testtons (Abb. 12 IIb₂-b₁).

Insgesamt ist für den 4.000 Hz-Bereich festzustellen, daß bereits bei der Patientengruppe mit Lärmschwerhörigkeit geringeren Ausmaßes eine starke Kurvenabflachung und damit eine erhebliche Verminderung des Frequenzselektionsvermögens stattfindet.

Eine weitere Verschlechterung der Hörschwelle bewirkt nur noch minimale Kurvenveränderungen (Abb. 12 IIa₁-a₂).

Die Kurve mit zusätzlichem Hintergrundrauschen der besser hörenden Patientengruppe weist gegenüber der entsprechenden Normalkurve eine geringe Einbuße an Selektionsvermögen auf.

Die Kurve der schlechter hörenden Patientengruppe mit Rauschen ist mit der Kurve ohne Rauschen gleichzusetzen (Testtonpegeldifferenz nur 7,5 dB) und insofern nicht mit der Kurve mit Rauschen der besser hörenden Gruppe vergleichbar.

5.) Toxische Innenohrschwerhörigkeit

- a) Tuningkurven von Patienten mit einem Ton-
gehör besser als 60 dB (SPL) bei 500 Hz
und 4.000 Hz:

Bei einer mittleren Hörschwelle von 20 dB (SPL) ergibt sich im 500 Hz-Bereich gegenüber der Normalkurve ein leicht abgeflachtes Kurvenbild. Die Abweichungen werden jedoch nur bei der Maskierfrequenz 740 Hz signifikant (Abb. 13 Ia).

Die Kurve mit zusätzlichem Rauschen weist dagegen bei einer Hörschwelle für den 500 Hz-Testton von 60 dB keine signifikanten Abweichungen auf (Abb. 13 Ib).

Bei 4.000 Hz liegt die Hörschwelle im Mittel bei 50 dB (SPL), die psychoakustische Tuningkurve zeigt gegenüber der entsprechenden Normalkurve in beiden Schenkelbereichen eine deutliche Abflachung (Abb. 13 IIa).

Mit zusätzlichem Hintergründrauschen (Hörschwelle 65 dB (SPL)) finden wir ein dazu fast identisches Kurvenbild. Von der Normalkurve mit Rau-

schen weicht die erstellte Tuningkurve jedoch nur bei 4.920 Hz und 5.920 Hz signifikant ab (Abb. 13 IIb).

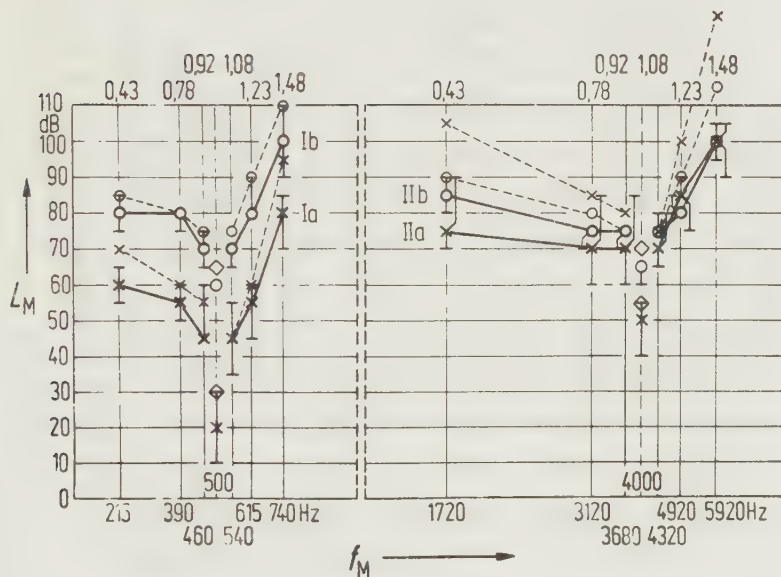


Abb. 13

Wie Abb. 3, jedoch für die Patientengruppe mit toxischer Innenohrschwerhörigkeit (Hörverlust kleiner als 60 dB (SPL)).

Hinweise auf eine deutliche Verschlechterung des Frequenzselektionsvermögens lassen sich bei diesen Patienten mit toxischer Innenohrschwerhörigkeit nur aus den Kurven ohne Rauschen bei

4.000 Hz entnehmen.

- b) Tuningkurven von Patienten mit einem Tongehör schlechter als 55 dB (SPL) in einem oder beiden Frequenzbereichen:

Diese Patientengruppe weist für den 500 Hz-Testton eine sehr unterschiedliche Hörschwelle auf, entsprechend groß sind die wahrscheinlichen Schwankungen beim Testton und auch bei den einzelnen Maskiertonpegeln. Bei einer mittleren Hörschwelle von 27,5 dB zeigt sich dennoch ein zu der Kurve der besser hörenden Gruppe identischer Kurvenverlauf, der allerdings insgesamt in etwas höhere, dem mittleren Hörschwellenabstand entsprechende Pegelbereiche verschoben ist (Abb. 14 Ia, Abb. 15 Ia₁-a₂).

Die Kurve mit Rauschen weist bei einer Hörschwelle von 60 dB mit einer sehr geringen Schwankungsbreite lediglich bei 740 Hz einen gegenüber der Kurve der Normalhörenden etwas geringeren Pegelanstieg auf: Diese Abflachung ist jedoch nicht signifikant (Abb. 14 Ib).

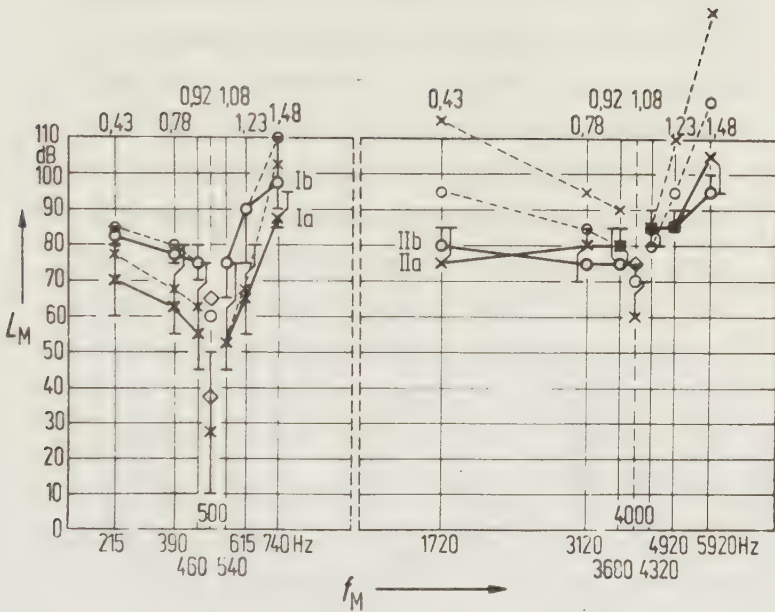


Abb. 14

Wie Abb. 4, jedoch für die Patientengruppe mit toxischer Innenohrschwerhörigkeit (Hörverlust größer als 55 dB (SPL)).

In diesem Frequenzbereich läßt sich bei keiner der beiden Patientengruppen aus den Kurven ohne und mit Rauschen eine deutliche Verschlechterung des Selektionsvermögens entnehmen.

Bei der Testtonfrequenz von 4.000 Hz ist bei einer Hörschwelle von 60 dB für den Testton eine starke Abflachung der Tuningkurve zu erken-

nen (Abb. 14 IIa). Im unteren Schenkelabschnitt liegt der erreichbare Pegel bei der Maskierfrequenz 1.720 Hz sogar niedriger als bei den testtonnäheren Maskierfrequenzen.

Gegenüber der Kurve der besser hörenden Patientengruppe ist das Kurvenbild nochmals flacher geworden (Abb. 15 IIa₁-a₂).

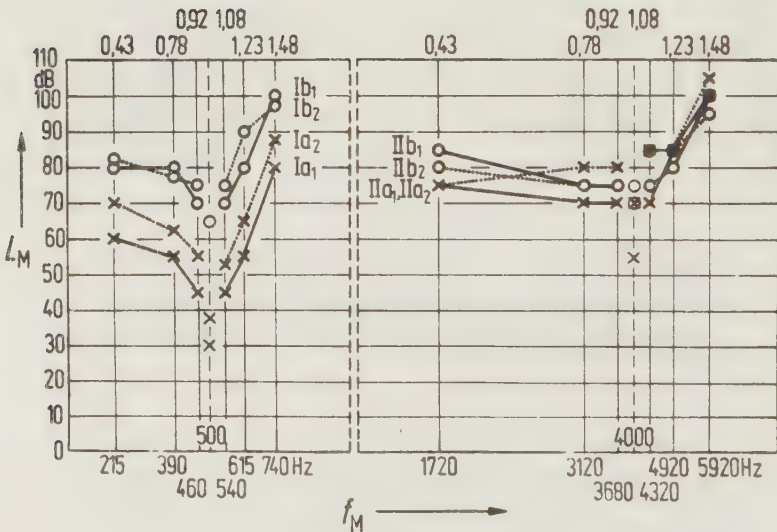


Abb. 15

Toxische Innenohrschwerhörigkeit: Vergleich der Kurven von Patienten mit besserer Hörschwelle (a₁, b₁) als 60 dB (SPL) zu jenen mit schlechterer Hörschwelle als 55 dB (SPL) (a₂, b₂). Weitere Erläuterungen siehe Abb. 5.

Die Kurve mit Hintergrundrauschen - Hörschwelle für den 4.000 Hz-Testton ist 70 dB - zeigt ein ähnliches Bild wie die Kurve ohne Rauschen. Auch der Pegelbereich, in dem beide Kurven verlaufen, ist nahezu identisch, da die Testtonpegel mit und ohne Rauschen nur eine Differenz von 10 dB aufweisen (Abb. 14 IIb,a).

Im Vergleich zur Kurve der besser hörenden Patientengruppe ergibt sich eine weitere Kurvenabflachung im aufsteigenden Schenkel (Abb. 15 IIb₂-b₁).

6.) Progrediente degenerative Innenohrschwerhörigkeit

a) Tuningkurven von Patienten mit einem Tongehör besser als 60 dB (SPL) bei 500 Hz und 4.000 Hz:

Im 500 Hz-Bereich liegt die mittlere Hörschwelle für den Testton bei 40 dB (SPL). Bei der erstellten Tuningkurve fanden wir bei den beiden äußeren Maskierfrequenzen signifikant verringerte Pegelwerte (Abb. 16 Ia).

Die Tuningkurve mit zusätzlichem Rauschen - Hörschwelle 60 dB - zeigt dagegen im Vergleich zur entsprechenden Kurve der Normalhörenden nur im aufsteigenden Kurvenschenkel eine Abflachung (Abb. 16 Ib).

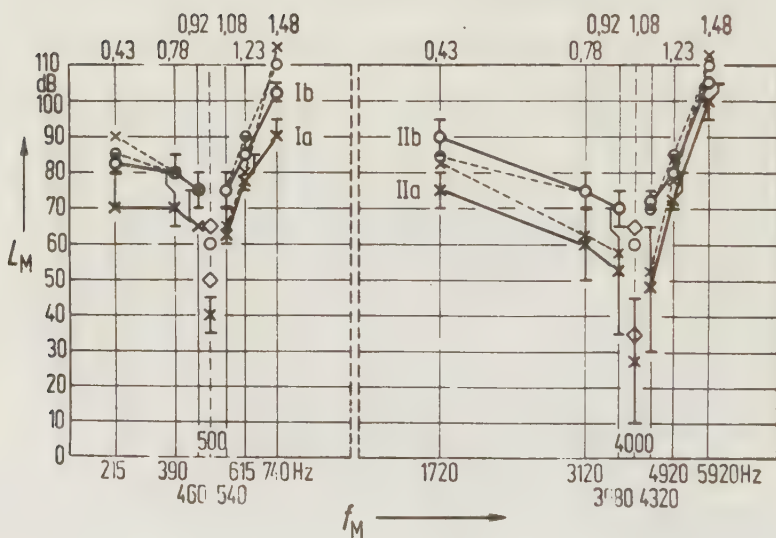


Abb. 16

Wie Abb. 3, jedoch für die Patientengruppe mit progredienter degenerativer Innenohr Schwerhörigkeit (Hörverlust kleiner als 60 dB (SPL)).

Im Testtonbereich von 4.000 Hz findet sich dagegen bei einer Hörschwelle von 27,5 dB (SPL) für den gepulsten Testton ein der entsprechen-

den Kurve der Normalhörenden fast identischer Kurvenverlauf (Abb. 16 IIa).

Das gleiche gilt für die Kurve mit Zusatzrauschen, die Hörschwelle liegt hier bei 60 dB (Abb. 16 IIb).

Bei der Kurve ohne Rauschen bei 4.000 Hz ergab sich im Gegensatz zur Kurve ohne Rauschen bei 500 Hz, bedingt durch eine sehr große wahrscheinliche Schwankung bei der Hörschwelle für den Testton, ein großer Schwankungsbereich besonders für die beiden testtonnächsten Maskiererpegel.

b) Tuningkurven von Patienten mit einem Tongehör schlechter als 55 dB(SPL) in einem oder beiden Frequenzbereichen:

Bei einer nur um weitere 5 dB auf 45 dB (SPL) verschlechterten Hörschwelle für den Testton im 500 Hz-Bereich fanden wir bei der Tuningkurve ohne Rauschen gegenüber der Tuningkurve ohne Rauschen der besser hörenden Patientengruppe keine signifikanten Unterschiede (Abb. 17 Ia, Abb. 18 Ia₁-a₂).

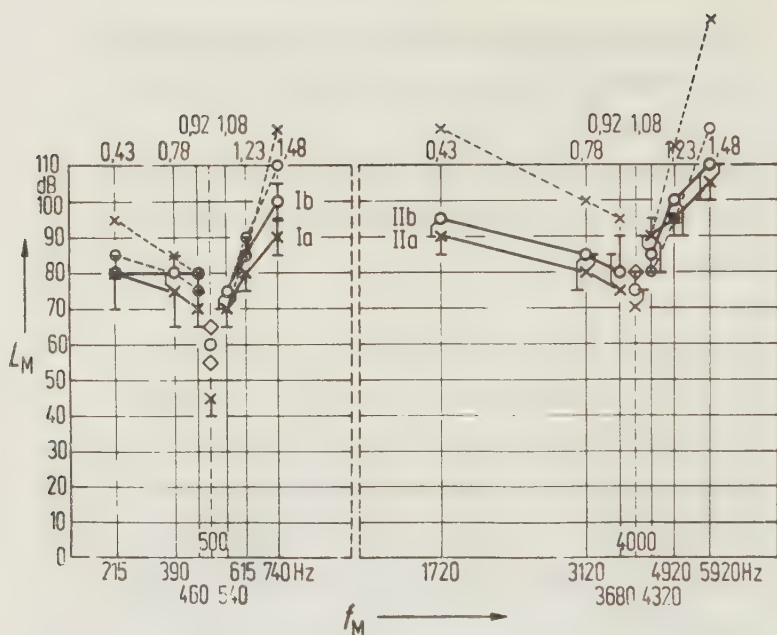


Abb. 17

Wie Abb. 4, jedoch für die Patientengruppe mit progredienter degenerativer Innenohrschwerhörigkeit (Hörverlust größer als 55 dB (SPL)).

Bei der Kurve mit Zusatzrauschen - Hörschwelle 60 dB - zeigt sich am aufsteigenden Kurvenschenkel im Vergleich zur besseren Gruppe keine Veränderung, im tieffrequenten Schenkel weisen alle drei Zentralwerte denselben Pegel auf, d.h. hier verläuft die Kurve völlig flach. Betrachtet man jedoch hier jeweils den Bereich der wahrscheinlichen Schwankungen, so ist auch hier

keine signifikante Verschlechterung des Selektionsvermögens festzustellen (Abb. 17 Ib, Abb. 18 Ib₁-b₂).

Eine stärker ausgeprägte progrediente Innenohrschwerhörigkeit macht sich in diesem Frequenzbereich also weder bei der Kurve mit noch ohne Rauschen durch eine weiter verringerte Selektionsfähigkeit bemerkbar.

Die Hörschwelle für den Testton bei 4.000 Hz steigt auf 65 dB, die ermittelte Tuningkurve nimmt einen äußerst flachen Verlauf. Dabei ist auffallend, daß direkt oberhalb des Testtons - gegenüber der Maskierfrequenz direkt unterhalb - ein um 20 dB höherer Maskiererpegel erreichbar war, ohne daß es zur Verdeckung des gepulsten Testtons kam (Abb. 17 IIa). In diesem Frequenzbereich ist gegenüber der besser hörenden Gruppe ein starker Verlust an Selektionsfähigkeit festzustellen (Abb. 18 IIa₁-a₂).

Die Kurve mit Hintergrundrauschen zeigt bei einer Hörschwelle für den Testton von 70 dB gegenüber der Kurve ohne Rauschen einen wiederum sehr ähnlichen Verlauf in einem gleichen Pegelbezirk (Abb. 17 IIb, a).

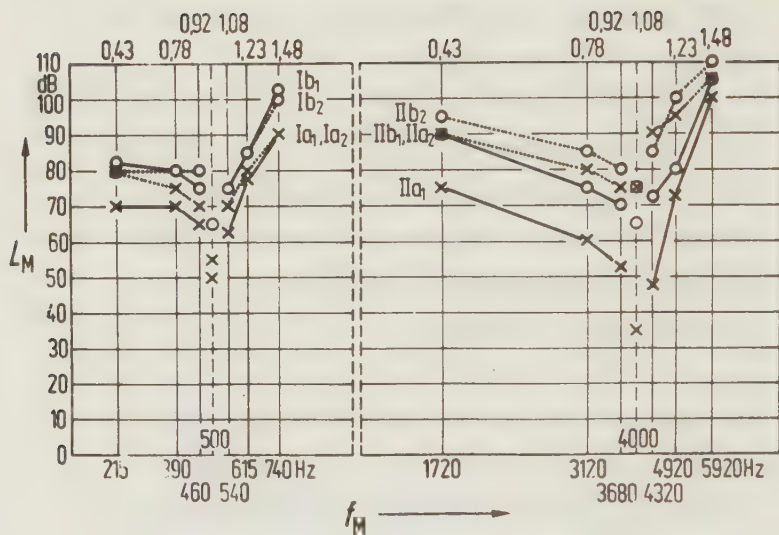


Abb. 18

Progrediente degenerative Innenohrschwerhörigkeit: Vergleich der Tuningkurven von Patienten mit besserer Hörschwelle als 60 dB (SPL) (a_1 , b_1) zu jenen mit schlechterer Hörschwelle als 55 dB (SPL) (a_2 , b_2). Weitere Erläuterungen siehe Abb. 5.

Eine starke Abflachung gegenüber der Kurve mit Rauschen der besser hörenden Patientengruppe ist im aufsteigenden Kurvenschenkel zu sehen (Abb. 18 IIb₁-b₂).

7.) Presbyakusis

- a) Tuningkurven von Patienten mit einem Tongehör besser als 60 dB (SPL) bei 500 Hz und 4.000 Hz:

Die Hörschwelle liegt bei diesen Patienten im 500 Hz-Bereich im Mittel bei 10 dB (SPL), was einem normalen Gehör entspricht. In diesem Frequenzbereich weichen die Tuningkurven auch tatsächlich nur unwesentlich von denen der normalhörenden Gruppe ab, und zwar bei den Tuningkurven ohne und mit Rauschen in gleichem Maß (Abb. 19 Ia, b).

Im 4.000 Hz-Bereich dagegen wird ein durchschnittlicher Hörverlust von 40 dB (SPL) ermittelt. Die Tuningkurve wird entsprechend den früheren Ergebnissen an unserer Klinik (13) flacher. Die Abflachung zeigt sich am deutlichsten in den dem Testton am entferntesten liegenden Maskierertonfrequenzen (Abb. 19 IIa).

Bei der Tuningkurve mit zusätzlichem Tiefpaßrauschen, die Hörschwelle ist hier bei 60 dB (SPL), fällt auf, daß diese Kurve im Vergleich sowohl zur Tuningkurve mit Rauschen bei Normal-

hörenden als auch zu der Tuningkurve ohne Rauschen unverändert ist (Abb. 19 IIb). Eine zunehmende Störung des Frequenzauflösungsvermögens durch das zusätzliche Hintergrundrauschen ist somit nicht nachweisbar.

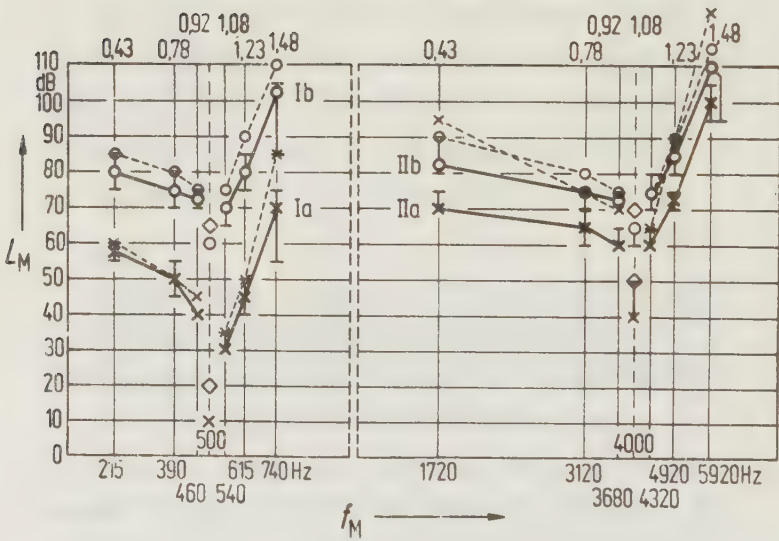


Abb. 19

Wie Abb. 3, jedoch für die Patientengruppe mit Presbyakusis (Hörverlust kleiner als 60 dB (SPL)).

- b) Tuningkurven von Patienten mit einem Tongehör schlechter als 55 dB (SPL) in einem oder beiden Frequenzbereichen:

Bei der Gruppe mit höhergradiger Presbyakusis zeigt sich nun auch bei dem 500 Hz-Testton eine Hörverschlechterung mit einer mittleren Hörschwelle von 35 dB (SPL). Die ohne Rauschen erstellte Kurve ist an beiden Kurvenschenkeln deutlich abgeflacht, sowohl gegenüber der Kurve der Normalhörenden (Abb. 20 Ia) als auch gegenüber der besser hörenden Gruppe (Abb. 21 Ia₁-a₂).

Bei der Tuningkurve mit zusätzlichem Rauschen - Hörschwelle ist 65 dB (SPL) - entsteht im Vergleich zu der besser hörenden Gruppe ein fast unveränderter normaler Kurvenverlauf (Abb. 20 Ib, Abb. 21 Ib₁-b₂).

Im 4.000 Hz-Bereich maßen wir die Hörschwelle im Mittel bei 70 dB (SPL). Die erstellte Tuningkurve fanden wir im Vergleich zur Kurve der besser hörenden Gruppe nochmals erheblich abgeflacht (Abb. 20 IIa, Abb. 21 IIa₁-a₂).

Die Kurve mit zusätzlichem Hintergrundrauschen zeigt zur Kurve ohne Rauschen nur minimale Ab-

weichungen, die Zentralwerte sind fast deckungsgleich (Abb. 20 IIb). Im Vergleich zu der besser hörenden Gruppe ergibt sich hier im aufsteigenden Schenkel eine deutliche Abflachung (Abb. 21 IIb₁-b₂).

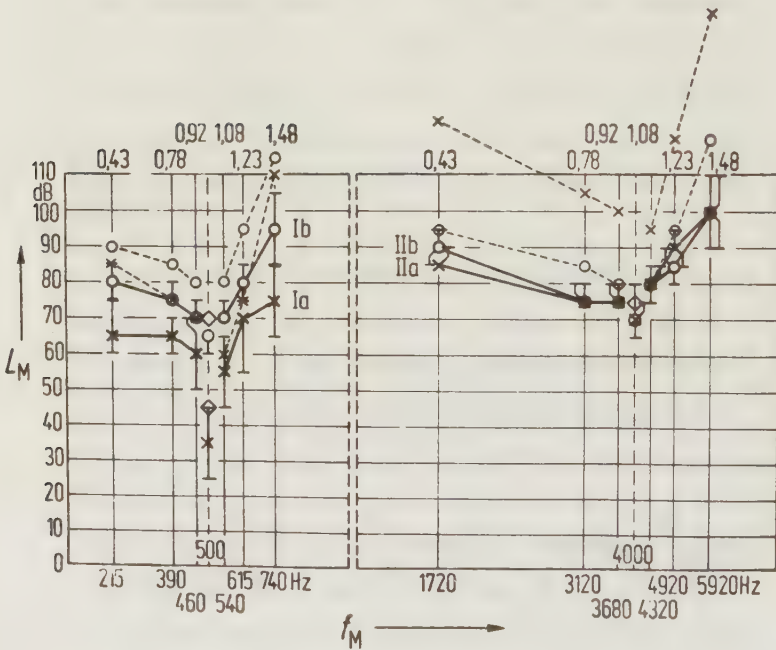


Abb. 20

Wie Abb. 4, jedoch für die Patientengruppe mit Presbycusis (Hörverlust größer als 55 dB (SPL)).

Allerdings muß beachtet werden, daß für diese Patientengruppe in diesem Frequenzbereich das

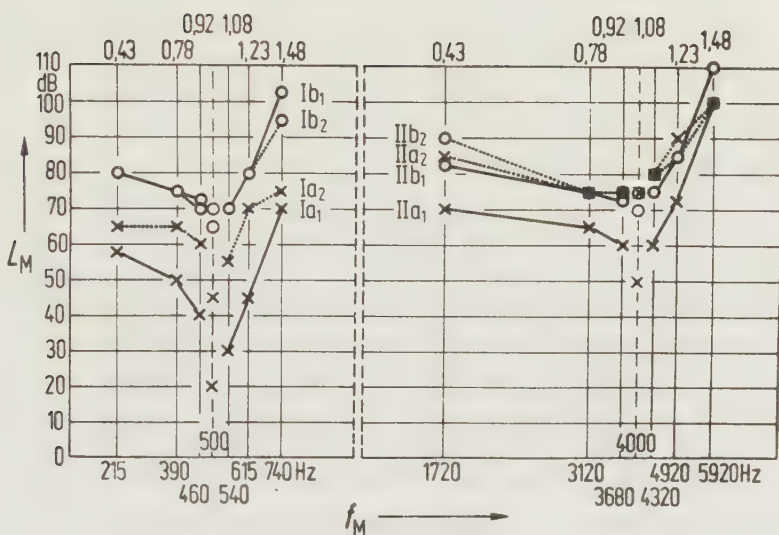


Abb. 21

Presbyakusis: Vergleich der Tuningkurven von Patienten mit besserer Hörschwelle als 60 dB (SPL) (a_1 , b_1) zu jenen mit schlechterer Hörschwelle als 55 dB (SPL) (a_2 , b_2). Weitere Erläuterungen siehe Abb. 5.

Zusatzrauschen keine Pegelerhöhung für den Testton notwendig macht. Das heißt, das Tiefpaßrauschen tritt hier wiederum nicht mehr als Störfaktor auf (wird nur noch schwach oder gar nicht mehr gehört) und fällt als Meßkriterium weg. Tatsächlich verglichen werden hier also nicht die beiden Kurven mit Rauschen sondern die Kurve mit Rauschen der besser hörenden Grup-

pe mit der Kurve ohne Rauschen der schlechter hörenden Gruppe.

8.) Akustikus-Neurinom

In dem Zeitraum, in dem die Doktorarbeit erstellt wurde, konnten in der Klinik nur 3 Patienten mit einem Akustikus-Neurinom untersucht werden, da bei allen anderen Patienten mit diesem Tumor der Hörverlust auf dem betroffenen Ohr zu ausgeprägt war. Die trotzdem erstellten Tuningkurven dieser 3 Patienten lassen sich deshalb nur unter Vorbehalt auf einen einigermaßen gesicherten Mittelwert zentrieren.

Die Hörschwelle liegt hier im 500 Hz-Bereich bei allen drei Patienten bei 15 dB (60 dB im Rauschen), entsprechend resultiert für beide Tuningkurven ein normaler Kurvenverlauf (Abb. 22 Ia, Ib).

Im 4.000 Hz-Bereich lagen demgegenüber die Ruhehörschwellen zwischen 40 dB und 50 dB mit Einbußen an Anstiegssteilheit im Kurvenver-

lauf sowohl bei der Tuningkurve mit als auch ohne zusätzliches Tiefpaßrauschen (Abb. 22 IIa, IIb).

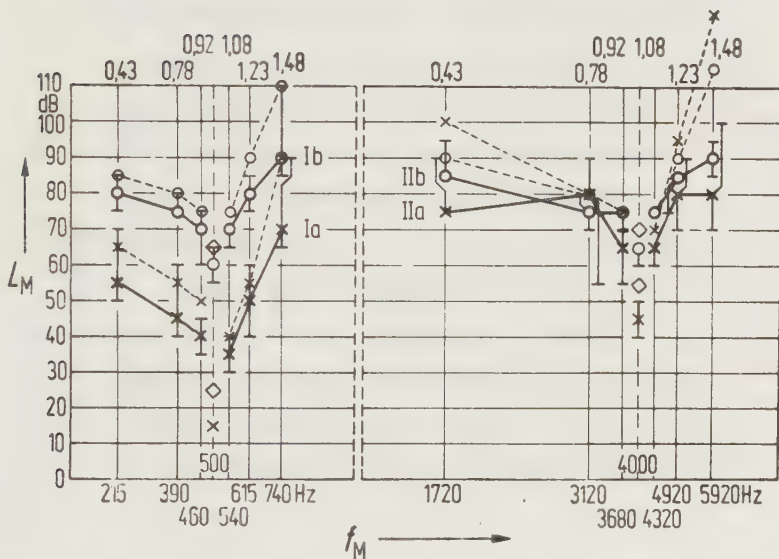


Abb. 22

Wie Abb. 3, jedoch für die Patienten mit Akustikus-Neurinom.

Statt der wahrscheinlichen Schwankung wurde hier die tatsächliche Schwankungsbreite der jeweils erreichten Maskiertonpegel ins Diagramm aufgenommen.

Bei dieser Gruppe fiel besonders auf, daß den Patienten genaue Angaben besonders schwerfielen und daß oft der gepulste Testton, ohne verändert worden zu sein und ohne Zuspielung eines Maskiertons, für die Patienten zeitweise nicht mehr hörbar war (Schwellenschwund).

E) DISKUSSION

Psychoakustische Tuningkurven sind ein geeignetes Maß für die Beurteilung der Frequenzselektionsfähigkeit des Innenohres. Bereits durchgeführte Untersuchungen (16) haben ergeben, daß z.B. bei Schalleitungsstörungen die Tuningkurven insgesamt zwar zu höheren Pegeln verschoben sind, der Kurvenverlauf selbst im Vergleich zu Hörgesunden jedoch keine Veränderungen aufweist.

Bei Patienten mit Schallempfindungsschwerhörigkeit zeigt sich über die Verschiebung zu höheren Schallpegeln hinaus eine Abflachung der Kurven.

Man findet also charakteristische Unterschiede, aus denen auf das verbliebene Selektionsvermögen des geschädigten Gehörs geschlossen werden kann. Außerdem erschließen sich hier Möglichkeiten zu exakter Diagnose und Therapiekontrolle.

Eine Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit war es zu untersuchen, ob sich für verschie-

dene Gruppenunterschiedlicher Innenohrstörungen jeweils ganz spezifische Tuningkurvenveränderungen ergeben. So wurden im Vergleich zu einer Kontrollgruppe von Hörgesunden psychoakustische Tuningkurven bei 7 Gruppen mit unterschiedlichen Innenohrstörungen erstellt:

Hörsturz, Morbus Menière, Lärmschwerhörigkeit, toxische Innenohrschwerhörigkeit, degenerativ Innenohrschwerhörigkeit, Presbyakusis und Akustikus-Neurinom.

Diese Gruppen wurden nochmals unterschieden in Patientengruppen mit einer Hörschwelle, die besser als 60 dB in beiden Frequenzbereichen war und eine, deren Hörschwelle zumindest in einem Bereich schlechter als 55 dB lag.

Es zeigte sich bei allen pathologischen Gruppen eine Minderung des Frequenzselektionsvermögens. Diese Kurvenabflachung betraf immer diejenige(n) Frequenz(en) (500 Hz bzw. 4.000 Hz), die geschädigt war(en) und bereits am jeweiligen Hörschwellenverlust zu erkennen war(en). Bei der Frequenz ohne Höreinbuße trat keine Minderung des Selektionsvermögens auf.

Der Kurvenverlauf scheint größtenteils abhän-

gig zu sein von dem Ausmaß des Hörverlustes in der jeweiligen Frequenz:

Je größer der Hörverlust desto flacher der Kurvenverlauf und damit umso schlechter das Frequenzselektionsvermögen.

Bei den dem Testton nächstgelegenen Maskiertonfrequenzen ergaben sich relativ geringe Abweichungen gegenüber dem Normkollektiv. Im anschließenden Verlauf wird sowohl der untere als auch der obere Schenkel der Tuningkurve deutlich flacher, und zwar bei allen beiden Frequenzbereichen.

Besonders auffallend ist die Abflachung der beiden oberen Tuningkurven-Schenkel, da die unteren Schenkel auch bei Normalhörenden bereits physiologischerweise einen geringeren Anstieg aufweisen. Dies gilt sowohl für den 500 Hz- als auch für den 4.000 Hz-Bereich.

Als vom allgemeinen Trend abweichende Gruppe sind die Patienten mit Morbus Menière auffallend:

Im 500 Hz-Bereich für den Testton (also bei der Frequenz, die bei dieser Erkrankung besonders betroffen ist) ist bereits bei einer Hör-

schwelle von 50 dB, einem durchaus noch nicht extremen Hörverlust, ein extrem flacher, fast waagerechter Tuningkurvenverlauf zu verzeichnen. Die Kurven im nicht von der Hörstörung betroffenen 4.000 Hz-Bereich haben dagegen wieder einen Verlauf, der den Beobachtungen entspricht, wie sie bei den übrigen Patientengruppen gemacht wurden.

Ähnliches gilt für die Gruppe der Patienten mit Hörsturz, allerdings nur für die Untergruppe mit ausgeprägterem Hörschwellenverlust.

Hieraus ist möglicherweise zu schließen, daß Hörschwellenminderungen, die über 40 bis 50 dB hinausgehen und im 500 Hz-Bereich auftreten, dort eine sehr viel stärkere Kurvenabflachung bewirken als in den 4.000 Hz-Kurven, wenn die Hörschwellenverminderung dort auftritt.

Für die übrigen einzelnen Innenohrstörungen ergab sich kein jeweils spezifischer Kurvenverlauf. So waren oft die Unterschiede im Kurvenverlauf zwischen besser und schlechter hörender Untergruppe innerhalb einer Gruppe größer als die Unterschiede zwischen verschiedenen Gruppen mit etwa gleichgroßer Hörschwelle im jeweiligen Frequenzbereich.

Als generelles Problem bei der Erstellung von psychoakustischen Tuningkurven an nicht hörgeschulten Patienten ist die subjektive unsichere Empfindungsangabe zu sehen.

Voruntersuchungen (Schorn, Zwicker) ergaben (mündliche Mitteilung Prof. Schorn), daß die Spracherkennung (Diskrimination für Einsilber) weitgehend unbeeinflußt ist vom Frequenzaufklärungsvermögen, gemessen mit psychoakustischen Tuningkurven. Insbesondere fiel auf, daß Morbus-Menièr-Patienten mit völlig flachen Tuningkurven 100 % Diskriminationsvermögen besaßen, während Patienten mit einer Presbyakusis bei hohen Diskriminationsverlusten im Sprachaudiogramm nur leicht abgeflachte Tuningkurven aufweisen können.

Besonders schlecht ist die Spracherkennung bei Patienten mit einer Presbyakusis bei gleichzeitig gegebenen Störgeräuschen; dies macht sich durch die sogenannte "Cocktail-party-Schwerhörigkeit" bemerkbar.

Aus dieser Situation erwuchs der Wunsch, dieses Phänomen meßtechnisch erfassen zu können.

Es wurde daraufhin der hier verwendete Apparat entwickelt:

Durch einen zusätzlich dargebotenen Störschall (Tiefpaßrauschen) sollte überprüft werden, ob die damit bei Patienten mit Innenohrschwerhörigkeit (insbesondere Presbyakusis) erstellten Tuningkurven gegenüber der jeweiligen Kurve, die ohne Rauschen erhoben wurde, eine entsprechende Einbuße an Frequenzselektionsvermögen aufweisen.

Zunächst mußte gesehen werden, ob ein gleichzeitiges Rauschen grundsätzlich die Fähigkeit, verschiedene Frequenzen unterscheiden zu können, beeinträchtigt.

Aus diesem Grund wurde zuerst an einem großen Probandengut ($n = 103$) mit Normalhörenden die Tuningkurvenmessung mit Rauschen durchgeführt.

Die Mithörschwelle für den Testton erhöhte sich in beiden Frequenzen auf 60 dB, die Tuningkurven verlagerten sich entsprechend in höhere Schallpegelbereiche.

Der Abstand zwischen Testtonpegel und zur Verdeckung erforderlichem Maskiertonpegel verringerte sich in den beiden Maskierfrequenzbereichen, die dem Testton direkt benachbart sind, und

zwar sowohl bei 500 Hz als auch bei 4.000 Hz. Die Flankensteilheit der Tuningkurven mit Hintergrundrauschen ist gegenüber den Tuningkurven ohne Rauschen nur minimal verringert. Das bedeutet, daß auch die Frequenzselektivität bei Normalhörenden durch ein Zusatzrauschen nur geringfügig beeinflußt wird.

Nach Erstellung der psychoakustischen Tuningkurven mit Tiefpaßrauschen bei den einzelnen Gruppen mit Innenohr Hörstörungen sind dazu folgende Beobachtungen mitzuteilen:

Für alle Gruppen gilt, daß das Ausmaß der Kurvenabflachung bei der Kurve ohne zusätzliches Rauschen eher größer, keinesfalls jedoch geringer ist als bei der Kurve mit Rauschen. Dies gilt sowohl für die Untergruppen mit besserer Ruhehörschwelle für den Testton als 60 dB als auch für die mit schlechterer Ruhehörschwelle als 55 dB.

Für die beiden Frequenzbereiche (500/4.000 Hz) ist in der Regel kein unterschiedliches Kurvenverhalten zu erkennen, allerdings sind im 500-Hz-Bereich bei Patienten mit Morbus Menière und Hörsturz (hier jedoch nur bei der schlechter hörenden Untergruppe) extrem flache Kurven

zu finden, sowohl bei den Kurven mit als auch ohne Rauschen.

Die bei den schlechter hörenden Untergruppen gemessenen psychoakustischen Tuningkurven haben allerdings insofern eine geringe Aussagekraft, als hier die Ruhehörschwelle und die Mithörschwelle des Testtons im Rauschen zu sehr zusammenrücken, bzw. das Rauschen für die Patienten nur mehr schwach oder garnicht mehr wahrnehmbar ist und somit kein Unterscheidungskriterium zu den ohne Rauschen stattfindenden Meßgegebenheiten darstellt. Tuningkurven mit zusätzlichem Rauschen sollten deshalb sinnvollerweise nur von solchen Patienten erhoben werden, deren Ruhehörschwelle im entsprechenden Frequenzbereich nicht schlechter als 55 dB liegt.

Für die Beobachtung, daß Innenohrschwerhörige - insbesondere Patienten mit Presbyakusis - durch zusätzlich auftretende Störschalle bei Sprache und Informationsschallen gegenüber den Normalhörenden eine überproportionale Verschlechterung in der Diskriminierung dieser Informationen erleiden, ist jedenfalls in den mit dem zu-

sätzlichen Tiefpaßbrauschen durchgeführten psychoakustischen Tuningkurven kein geeignetes Korrelat zu sehen.

F) ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden für sieben Gruppen von Patienten mit ätiologisch unterschiedlicher Innenohrschwerhörigkeit (Hörsturz, Morbus Menière, Lärmschwerhörigkeit, toxische Innenohrschwerhörigkeit, progrediente degenerative Innenohrschwerhörigkeit, Presbyakusis und Akustikus-Neurinom) und einer Kontrollgruppe von Probanden mit normalem Gehör psychoakustische Tuningkurven im Frequenzbereich von 500 Hz und 4.000 Hz erstellt.

Es zeigte sich bei allen Patientengruppen gegenüber den Normalhörenden ein abgeflachtes Kurvenbild und damit ein verschlechtertes Frequenzselektionsvermögen.

Diese Abflachung betraf immer nur diejenige(n) Frequenz(en) (500 Hz bzw. 4.000 Hz), die - erkennbar am Hörschwellenverlust - geschädigt war (en).

Hörverluste im 500 Hz-Bereich bewirken eine deutlichere Selektionsverschlechterung als gleichgroße Höreinbußen im 4.000 Hz-Bereich.

Bei den Patienten mit Morbus Menière wird die Tuningkurve sowohl bei größerem als auch bei geringerem Hörverlust im 500 Hz-Bereich völlig flach.

Bei allen anderen Patientengruppen besteht jedoch in beiden Frequenzbereichen eine deutliche Relation zwischen Ausmaß des Hörverlustes und Abflachung der psychoakustischen Tuningkurven und damit der Einbuße an Frequenzselektionsvermögen.

Die besonders schlechte Spracherkennung der Patienten mit Presbyakusis bei gleichzeitig einwirkenden Störgeräuschen (Cocktailparty-Phänomen) sollte in einem zweiten Testteil durch die Erstellung von psychoakustischen Tuningkurven mit zusätzlichem Hintergrundrauschen meßtechnisch erfaßt werden.

Es zeigte sich jedoch, daß die resultierenden Tuningkurven der Patienten mit Presbyakusis wie auch diejenigen der anderen Gruppen keine weitere Abflachung gegenüber den jeweiligen Kurven ohne Rauschen aufweisen, also daraus keine Selektionsverschlechterung zu entnehmen ist.

Dieses Phänomen kann somit mit der beschrieb-

nen Methode nicht meßtechnisch beschrieben und dokumentiert werden.

G. LITERATURVERZEICHNIS

- (1) Becker, W.
Naumann, H.H.
Pfaltz, C.R. Hals-Nasen-Ohrenheil-
kunde. Stuttgart, New
York, Thieme 82
- (2) Békésy, G. Zur Theorie des Hörens.
Die Schwingungsform der
Basilarmembran. Phys.Z.
29 (1928) 793-810
- (3) Boenninghaus,
H.G. Hals-Nasen-Ohrenheilkun-
de. Heidelberger TB 1980,
Springer Verl.
- (4) Evans, E.F. Auditory Frequency Se-
lectivity and the Coch-
lear Nerve. In: Facts and
Models in Hearing. Sprin-
ger, Berlin 1974
- (5) Feldmann, H. Audiometrie bei Erwachse-
nen. Berendes, Link, Zöll-
ner, Hals-Nasen-Ohrenheil-
kunde in Praxis und Klinik,
Thieme Verlag 1979 (Band 5)
- (6) Ganz, H. Hals-Nasen-Ohrenheilkunde
in der Praxis, Edition Me-
dizin 1981
- (7) Gelfand, S.A. "Hearing", Dekker Verl.
New York, Basel, London
1981
- (8) Green, D.M. Psychophysical tuning
curves independent of sig-
nal level. J. acoustic soc.
Amer. 1981 69 (6) 1758-62
- (9) Keidel, W.D. Physiologie des Gehörs,
Thieme 1975

- (10) Keidel, W.D.
Kallert, S. Physiologie des afferenten
akustischen Systems. Beren-
des, Link, Zöllner, HNO-Heil-
kunde in Praxis und Klinik.
Thieme 79 (Bd. 5)
- (11) Kiang, N.Y.S.
Moxon, E.C. Tails in Tuning Curves of
Auditory Nerve Fibres. J.
acoust. Soc.Amer. 55 (1974)
620
- (12) Langenbeck, B. Lehrbuch der praktischen Au-
diometrie. Thieme, Stuttgart
1963
- (13) Lehnhardt, E. Praktische Audiometrie. Thie-
me Verlag 1978
- (14) Mayer, A.M. Researches in Acoustic Philos.
Mag. 37, 259-288 (1894)
- (15) Plath, P. Das Hörorgan und seine Funk-
tion. Marhold Berlin 69
- (16) Schorn, K.
Zwicker, E. Die Bestimmung des Frequenz-
selektionsvermögens des funk-
tionsgestörten Gehörs mit Hil-
fe psychoakustischer Tuning-
kurven. Laryng. Rhinol., 56
(1977) 121-127
- (17) Vogten, L.L.M. Pure Tone Masking, A New Re-
sult from a New Method. Facts
and Models in Hearing. Sprin-
ger, Berlin 1974
- (18) Zwicker, E. Psychoakustik (Hochschultext)
Springer 1982
- (19) Zwicker, E. Das Ohr als Nachrichtenempfän-
ger. Hirzel, Stuttgart 1967

- (20) Zwicker, E. On a Psychoacoustical Equivalent of Tuning Curves. Facts and Models in Hearing, Springer, Berlin 1974.

Frau Professor Dr. K. Schorn, der Leiterin der Audiologie der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkranke der Ludwig-Maximilians-Universität München, danke ich herzlich für die Überlassung des Themas und ihr Interesse an der Arbeit, zu deren Durchführung sie mir viele wertvolle Hinweise und Ratschläge gegeben hat.

Herrn Professor Dr. H. H. Naumann, dem Direktor der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen und Ohrenkranke der Ludwig-Maximilians-Universität München danke ich, daß ich in seiner Klinik die vorliegende Untersuchung durchführen durfte.

LEBENS LAUF

17.07.1947	geboren als Sohn des Lehrers Georg Prescher und Wilma Prescher
1953 - 1958	Volksschule in Hörbach/Obb.
1958	Übertritt ins Gymnasium
Juni 1967	Zeugnis der Reife, Neusprachliches Gymnasium Tutzing
Nov. 1967 - Juli 1976	Studium der Rechtswissenschaften in München und Genf
Nov. 1974	Beginn des Studiums der Humanmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München
22.3.1978	Ärztliche Vorprüfung
22.3.1979	Erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung
20.3.1981	Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung
25.5.1982	Dritter Abschnitt der ärztlichen Prüfung
30.6.1982	Approbation

